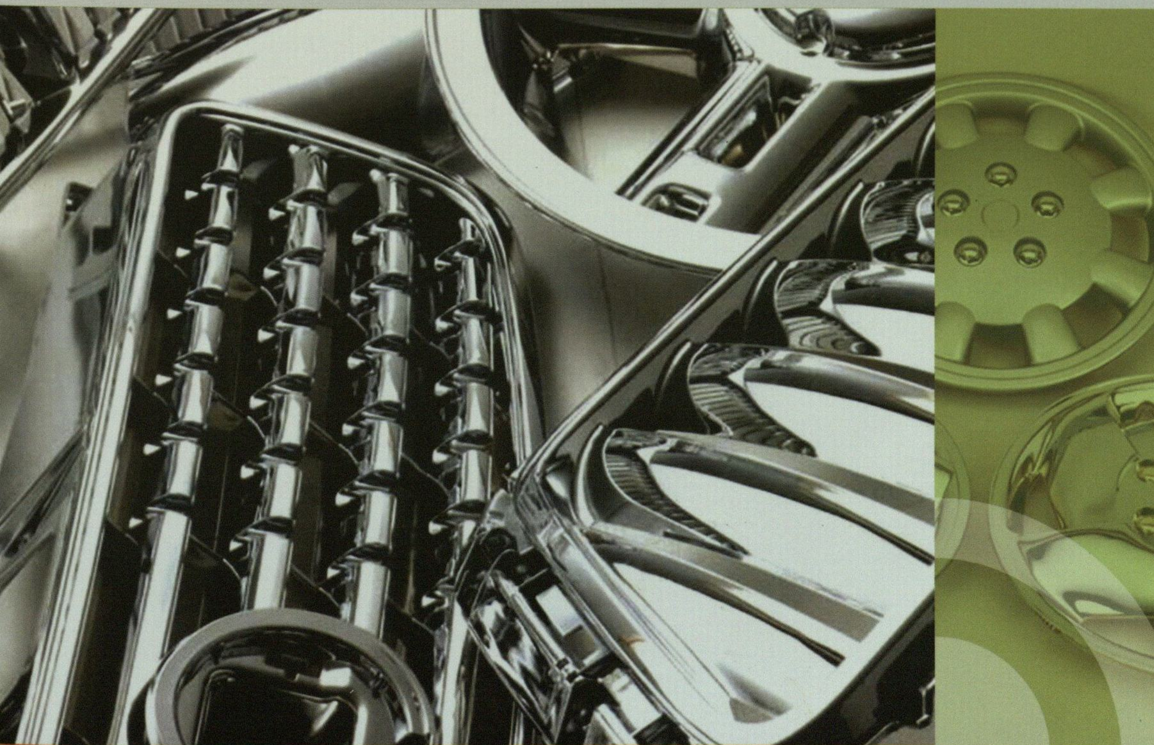
TRẦN MINH HOÀNG

SỔ TAY MẠ ĐIỆN



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA - HÀ NỘI

TRẦN MINH HOÀNG – NGUYỄN VĂN THANH – LÊ ĐỨC TRI

SỔ TAY MẠ ĐIỆN

(Tái bản lần thứ tư, có sửa chữa và bổ sung)

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA – HÀ NỘI

Mã số: 333 – 2013/CXB/01 – 13/BKHN

Biên mục trên xuất bản phẩm của Thư viện Quốc gia Việt Nam

Trần Minh Hoàng

Sổ tay mạ điện / Trần Minh Hoàng, Nguyễn Văn Thanh, Lê Đức Tri. - Tái bản lần thứ 4, có sửa chữa và bổ sung. - H. : Bách khoa Hà Nội, 2013. - 420tr. ; 24cm

Thư mục: tr. 409-410

ISBN 9786049114595

1. Mạ điện 2. Sổ tay

671.7 - dc14

BKG0013p-CIP

LỜI NÓI ĐẦU

Sổ tay mạ điện được biên soạn nhằm cung cấp đầy đủ, tỉ mỉ và chi tiết nhất những số liệu tra cứu, những kiến thức tóm tắt, những giải pháp cụ thể về công nghệ mạ điện và thiết bị gia công, xử lý bề mặt nhằm phục vụ cho việc học tập, thí nghiệm, nghiên cứu khoa học, thiết kế môn học, thiết kế tốt nghiệp của sinh viên chuyên ngành Điện hóa thuộc trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Sổ tay Mạ điện cũng rất có ích cho sinh viên các trường Đại học và Cao đẳng kỹ thuật khác, cũng như cho những kỹ sư, kỹ thuật viên, những công nhân bậc cao tại các nhà máy, các viện, các trường làm việc có liên quan đến lĩnh vực gia công, xử lý bề mặt kim loại.

Trong kì tái bản lần thứ tư này, **Sổ tay mạ điện** đã được chỉnh lý, cải tiến, bổ sung một cách cơ bản và được cập nhật thêm nhiều số liệu mới, hữu ích, thiết thực đối với công nghệ mạ điện hiện nay. Công việc biên soạn của chúng tôi được phân công như sau:

– Phần khái niệm chung, gồm các chương 1, 2, 3, 10, 11 và 12 do Nguyễn Văn Thanh biên soạn.

– Phần công nghệ mạ điện, gồm các chương 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 19 và phụ lục do Trần Minh Hoàng biên soạn.

– Phần thiết bị, gồm các chương 14, 15, 16, 17 và 18 do Lê Đức Tri biên soạn.

Hiệu đính toàn bộ cuốn sách lần này bao gồm việc sắp xếp, kiểm tra, sửa chữa, bổ sung... do Trần Minh Hoàng đảm nhiệm.

Tuy nhóm tác giả chúng tôi đã có nhiều cố gắng nhằm làm cho **Sổ tay mạ điện** được hoàn chỉnh hơn, song chắc chắn vẫn không tránh khỏi còn nhiều thiếu sót. Rất mong được các bạn đọc phê bình, góp ý.

Các tác giả

Lời giới thiệu
lần tái bản thứ tư

Kể từ lần tái bản thứ ba cuốn ***Sổ tay mạ điện*** đến nay đã được 10 năm. Trong thời gian này, với chính sách đổi mới, mở cửa của nước ta, ngành công nghiệp mạ điện Việt Nam đã có bước phát triển lớn và khá cơ bản cả về quy mô sản xuất, vật tư kĩ thuật, trang thiết bị lẫn chất lượng sản phẩm mạ điện.

Trong tiến bộ chung đó, ***Sổ tay mạ điện*** cũng rất vinh dự được đóng góp phần nhỏ bé của mình.

Tuy nhiên, trước tình hình mới và nhu cầu thực tế đòi hỏi nên chúng tôi đã cố gắng chỉnh sửa, bổ sung, cập nhật các thông tin, tài liệu mới, các vật tư, trang thiết bị mới cũng như các tiến bộ mới trong lĩnh vực công nghệ mạ điện để ***Sổ tay mạ điện*** ngày càng phục vụ bạn đọc được đầy đủ và hữu ích hơn.

Hy vọng ***Sổ tay mạ điện*** trong lần tái bản thứ tư này sẽ đáp ứng được phần nào các mong mỏi của độc giả.

Nhà giáo ưu tú
PGS. TS. Trần Minh Hoàng

Các ký hiệu chính

Ký hiệu	Tên gọi	Đơn vị
a	Hoạt độ	
b	Lớp mạ bóng	
d	Lớp mạ nhiều lớp	
d	Đường kính	cm; mm; nm
d	Tỷ trọng	g/cm^3; kg/lít
f	Tần số	Hz
i	Mật độ dòng điện	mA/cm^2; A/dm^2
m	Trọng lượng mẫu	mg; g
m	Trọng lượng sản phẩm	mg; g
mc	Lớp mạ nứt tế vi	
mp	Lớp mạ xốp tế vi	
n	Số điện tử trao đổi	
p	Lớp mạ mờ	
r	Bán kính	cm; mm; nm
r	Lớp mạ thông thường	
s	Lớp mạ nửa bóng	
t	Nhiệt độ	^oC
v	Tốc độ quét thế	mV/s; V/s
v	Tốc độ	m/s
C	Nồng độ	g/l; mol/l
C	Điện dung	F
C	Đương lượng hóa học	g
C	Điện cực đối	
D	Hệ số khuếch tán	m^2/s
E	Hiệu số điện thế	mV; V
E	Điện thế rơi	mV; V
E	Điện thế bể điện phân	mV; V
F	Số Faraday	96500 C/mol
H	Hiệu suất dòng điện	%
I	Cường độ dòng điện	mA/cm^2; A/dm^2

M	Ăn mòn mạnh	
Q	Điện lượng	C
R	Điện trở	Ω
R	Điện cực so sánh	
RM	Ăn mòn rất mạnh	
RY	Ăn mòn rất yếu	
S	Diện tích	cm^2; dm^2
T	Nhiệt độ tuyệt đối	^oK; K
V	Thể tích	m^3; cm^3; lít
V	Ăn mòn vừa (trung bình)	
W	Điện cực làm việc	
Y	Ăn mòn yếu	
Z	Tổng trở	Ω
γ	Trọng lượng riêng	g/cm^3
χ	Độ dẫn điện	$\Omega^{-1}.cm^{-1}$
δ	Chiều dày	cm; mm; μm
ρ	Điện trở riêng	Ω.cm
φ	Điện thế điện cực	mV; V
φ^o	Điện thế điện cực tiêu chuẩn	mV; V
φ_z	Điện thế điểm không tích điện	mV; V
η	Quá thế	mV; V
f	Tần số	Hz
э	Đương lượng điện hóa	g/Ah
τ	Thời gian	s; ph; h
ν	Độ nhớt động học	cm^2/s
ω	Tần số góc	rad/s

Chương 1
NHỮNG KHÁI NIỆM CHUNG

1.1. MỘT VÀI ĐỊNH NGHĨA

Mạ điện là một quá trình điện phân, trong đó anot xảy ra quá trình oxy hóa (hoà tan kim loại hay giải phóng khí oxy), còn catot xảy ra quá trình khử (khử ion kim loại từ dung dịch thành lớp kim loại bám trên vật mạ hay quá trình phụ giải phóng hydro...) khi có dòng điện một chiều đi qua chất điện phân (dung dịch mạ).

Điện thế bể mạ (E) phụ thuộc vào điện thế của hai cực anot và catot (φ_a và φ_c), vào khoảng cách giữa hai cực (l), vào độ dẫn điện (χ) của dung dịch mạ và vào mật độ dòng điện (i). Điện thế bể được đo bằng von kế tại hai cực của bể mạ và được tính bằng von (V).

Cường độ dòng điện (I) đi vào bể mạ phụ thuộc vào điện thế E (V) của bể mạ và điện trở tổng R (Ω) của mạch theo định luật Ôm:

$$I = E / R,$$ tính bằng Ampe (A).

Mật độ dòng điện (i) trên anot hay trên catot là tỷ số giữa cường độ dòng điện với diện tích S của nó, cũng tức là dòng điện trên một đơn vị bề mặt, được đo bằng: A/m^2, A/dm^2, mA/cm^2... Khi diện tích mạ S không đổi, mật độ dòng điện tỷ lệ thuận với điện thế đưa vào bể mạ.

1.2. ĐỘ DẪN ĐIỆN CỦA DUNG DỊCH ĐIỆN GIẢI

Độ dẫn điện riêng (χ) được định nghĩa bằng độ dẫn điện của 1 cm^3 chất lỏng đựng trong bình lập phương có mỗi cạnh là 1 cm (xem các bảng 1.1 – 1.6) cho nên có thứ nguyên $\Omega^{-1}.cm^{-3}$. Cũng có thể hiểu đó là độ dẫn điện của 1 cm cột chất lỏng có tiết diện 1 cm^2 và lúc đó có thể viết thứ nguyên của nó là Ω^{-1} cm^{-1}. Độ dẫn điện riêng được tính bằng nghịch đảo của điện trở riêng ρ:

$$\chi = 1/\rho$$

Độ dẫn điện riêng của dung dịch (χ) gọi tắt là *độ dẫn điện của dung dịch*, phụ thuộc vào thành phần và bản chất dung dịch, vào độ phân ly của chúng và vào nhiệt độ (t^0) của dung dịch. Tính độ dẫn điện của dung dịch ở các nhiệt độ khác nhau theo công thức:

$$\chi_{t0} = \chi_{25}[1 + \alpha(t - 25)], \qquad \Omega^{-1}$$

trong đó: χ_{t0} – độ dẫn điện của dung dịch tại nhiệt độ t^0;

χ_{25} – độ dẫn điện của dung dịch tại 25 ^{0}C;

α – hệ số nhiệt độ.

Bảng 1.1. Độ dẫn điện của nước tinh khiết (cất trong chân không)

Nhiệt độ °C	*0*	*18*	*26*	*34*	*50*
χ, 10^{-8} $\Omega^{-1}.cm^{-3}$	1,58	4,45	6,70	9,62	18,9

Bảng 1.2. Độ dẫn điện của các chất lỏng (sạch) tại 18°C

Chất lỏng	χ, $\Omega^{-1}.cm^{-3}$	*Chất lỏng*	χ, $\Omega^{-1}.cm^{-3}$
Amoniac	$4,0.10^{-1}$	HCl	$2,0.10^{-7}$
Axeton	$1,2.10^{-10}$	HCN	$1,1.10^{-7}$
SO_2	$1,8.10^{-11}$		

Bảng 1.3. Độ dẫn điện của một số dung dịch mạ tại 20°C

Dung dịch điện giải	*Trọng lượng riêng* γ, *g/cm³*	*Độ dẫn điện* χ, $\Omega^{-1}.cm^{-3}$
Dung dịch mạ kền	1,10 – 1,12	0,4348
Dung dịch mạ đồng sunfat	1,14 – 1,18	1,0753
Dung dịch mạ đồng xyanua	1,045 – 1,06	0,625
Dung dịch mạ crom:		
250 g/l CrO_3	1,18	5,208
250 g/l CrO_3 + 1,5 g/l H_2SO_4	1,18	6,173
250 g/l CrO_3 + 2,5 g/l H_2SO_4	1,18	6,336

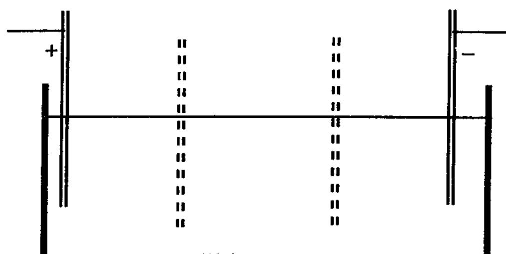
Bảng 1.4. Độ dẫn điện của một số dung dịch tại 18°C

Chất điện giải	*Nồng độ N*	*Độ dẫn điện* χ, $\Omega^{-1}.cm^{-3}$	*Chất điện giải*	*Nồng độ N*	*Độ dẫn điện* χ, $\Omega^{-1}.cm^{-3}$
H_2SO_4	1	0,198	NaCl	0,1	0,0092
H_2SO_4	5	0,680	KCN	1	0,1026
KOH	1	0,184	$CuSO_4$	1	0,026
KOH	2	0,250	K_2SO_4	1	0,072
NaOH	1	0,160	K_2SO_4	0,1	0,0095
NaOH	0,1	0,0183	$MgSO_4$	1	0,029
HCl	1	0,301	Na_2SO_4	1	0,051
HCl	0,1	0,0351	Na_2SO_4	0,1	0,0078
KCl	1	0,098	$ZnSO_4$	1	0,027
KCl	0,1	0,0112	$CdSO_4$	1	0,024
$FeSO_4$	1	0,0258	$AgNO_3$	1	0,068
NaCl	1	0,074	Na_2CO_3	1	0,046

Bảng 1.5. Độ dẫn điện của dung dịch KCl (χ, $\Omega^{-1}.cm^{-3}$) ở các nồng độ và nhiệt độ khác nhau

Nhiệt độ, ^0C	*1 N*	*0,1 N*	*0,01 N*
15	$0,9252.\ 10^{-1}$	$1,048.\ 10^{-2}$	$1,147.\ 10^{-3}$
18	$0,9822.\ 10^{-1}$	$1,119.\ 10^{-2}$	$1,225.\ 10^{-3}$
20	$1,0207.\ 10^{-1}$	$1,167.\ 10^{-2}$	$1,278.\ 10^{-3}$
25	$1,1180.\ 10^{-1}$	$1,288.\ 10^{-2}$	$1,413.\ 10^{-3}$

Đo độ dẫn điện của dung dịch mạ có thể tiến hành theo nhiều cách, sau đây là một cách đo khá đơn giản: Lấy một bình bằng thủy tinh, nhựa... có kích thước trong $D \times R \times C$ = 300 x 100 x 150 mm. Rót 3 lít dung dịch mạ vào sẽ có chiều cao dung dịch là 100 mm và tiết diện ngang của dung dịch là 1 dm^2. Đặt hai điện cực dày 1 – 1,5 mm, rộng 100 mm và cao 150 – 180 mm bằng kim loại cùng loại với cation của muối điện phân. Anot và catot đặt sát các vách xa nhất của bình. Lấy hai lưới kim loại cùng loại và cùng kích thước với điện cực đặt vào bình sao cho các điện cực và lưới kim loại song song nhau và chia dung dịch thành ba khoang bằng nhau, tức là chúng đều cách nhau 100 mm (hình 1.1).



Hình 1.1. Sơ đồ dụng cụ đo độ dẫn điện của dung dịch mạ theo phương pháp đơn giản

Điện trở dung dịch điện giải R tại cường độ dòng điện I đã cho (đo bằng ampe mét có độ chính xác 0,5%) được tính theo điện thế rơi E giữa các lưới (đo bằng von mét có nội trở lớn, độ chính xác 0,5%) chia cho cường độ dòng I: $R = E / I$, Ω.

Điện trở riêng ρ được tính từ công thức:

$$R = \rho . l / S \quad \text{hay} \quad \rho = RS / l$$

Theo hình 1.1 thì S = 100 cm^2 và l = 10 cm, vậy:

$$\rho = R.100 / 10 = \Omega.cm$$

Độ dẫn điện χ của dung dịch sẽ là:

$$\chi = 10 / R.100 \qquad \Omega^{-1}.\ cm^{-1}$$

Sai số của phép đo này khoảng 10%.

Bảng 1.6. Vài thông số cơ bản của các dung dịch mạ

Dung dịch	i_c, *A/dm²*	φ_c, *V*	φ_a, *V*	χ, $\Omega^{-1}.cm^{-1}$
Mạ crom				
- Đặc	30	+1,01 ÷ −1,0	+2,2	0,72
- Vạn năng	15 – 25	+1,01 ÷ −1,0	+2,1	0,61
Mạ kền				
- Nguội	2 – 4	−0,84	+0,32	0,05
- Nóng	2 – 5	−0,73	+0,43	0,1
- Nóng, loãng	2 – 5	−0,73	+0,39	0,1
Mạ kẽm				
- Axit loãng	2 – 4	−0,88	+0,75	0,064
- Axit đặc	1 – 3	−0,82	+0,81	0,053
- Xyanua, cao kiềm	2 – 8	−1,3 2	−1,25	0,15 – 0,18
- Xyanua, ít kiềm	2	−1,56	−1,25	0,15
- Zincat	0,5 – 1,2	−1,31	−0,18	0,17
Mạ chì floborat	1 – 2	− 0,143	+ 0,14	0,2
Mạ đồng				
- Axit đặc	5 – 20	+0,25	+0,2	0,28
- Axit loãng	1 – 3	+0,2	+0,15	0,19
- Xyanua đặc	2 – 3	−1,26	+0,53	0,17
- Xyanua loãng	0,3 – 0,8	−1,55	+1,5	0,08
- Xyanua loãng, dẫn điện tốt	2 – 4	−1,0	+1,25	0,16
Mạ thiếc				
- Axit	1 – 4	− 0,48	+ 0,32	0,126
- Kiềm	2 – 4	− 1,9	+ 2,1	0,22

1.3. ĐƯƠNG LƯỢNG ĐIỆN HÓA CỦA CÁC ION

Đương lượng điện hóa $\ni$ là lượng gam vật chất biến đổi trên điện cực trong quá trình điện phân khi cho một lượng điện là 1 Ah đi qua, tính bằng g/Ah (xem bảng 1.7).

Muốn lượng vật chất biến đổi trên điện cực là 1 đương lượng gam thì phải cho một điện lượng là 1 *F* (faraday) hay 96494 C (culông) hoặc 26,8 Ah đi qua.

Tính đương lượng gam của một nguyên tố bằng cách chia nguyên tử gam cho hóa trị của nó. Thứ nguyên là g. Trọng lượng đương lượng *C* của một nguyên tố bằng trọng lượng nguyên tố đó chia cho hóa trị của nó. Không thứ nguyên.

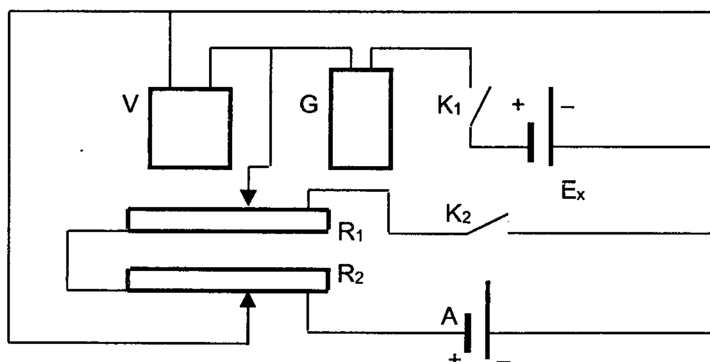
Tính đương lượng điện hóa của một chất bằng cách chia đương lượng gam của nó cho 26,8. Thứ nguyên là g/Ah hay mg/A.s .

Bảng 1.7. Đương lượng điện hóa э của ion, g/Ah

Ion	*Nguyên tử lượng*	*Đương lượng hóa học, C*	*Đương lượng điện hóa э, g/Ah*	*Ion*	*Nguyên tử lượng*	*Đương lượng hóa học, C*	*Đương lượng điện hóa э, g/Ah*
Ag^{+}	107,88	107,88	4,025	Sn^{4+}		29,70	1,108
Al^{3+}	26,98	8,99	0,335	Sr^{2+}	87,63	43,80	1,634
Au^{+}	197,8	197,8	7,370	Tl^{+}	204,4	204,40	7,625
Au^{3+}		65,7	2,451	Tl^{3+}		68,13	2,54
Ba^{2+}	137,34	68,7	2,563	Zn^{2+}	65,37	32,69	1,22
Ca^{2+}	40,08	20,04	0,748	Br^{-}	79,92	79,92	2,981
Cd^{2+}	112,40	56,2	2,097	BrO_3^{-}	127,9	127,92	4,772
Co^{2+}	58,93	29,49	1,100	Cl^{-}	35,46	35,46	1,323
Cr^{3+}	51,99	17,34	0,647	ClO_3^{-}	85,46	83,46	3,144
Cr^{6+}		8,67	0,3235	CHO_2^{-}	45,01	45,01	1,670
Cu^{+}	63,57	63,57	2,372	$C_2H_3O_2^{-}$	59,02	59,02	2,202
Cu^{2+}		31,78	1,186	CN^{-}	26,01	26,01	0,970
Fe^{2+}	55,84	27,92	1,042	CO_3^{2-}	60,00	30,00	1,119
Fe^{3+}		18,61	0,694	$C_2H_4^{2-}$	28,00	14,00	1,641
H^{+}	1,008	1,008	0,0376	CrO_4^{2-}	116,02	58,01	2,164
Hg^{+}	200,6	200,6	7,484	F^{-}	19,00	19,00	0,70
Hg^{2+}		100,3	3,748	I^{-}	126,92	126,92	4,70
K^{+}	39,10	39,10	1,459	IO_3^{-}	174,92	174,92	6,52
Li^{+}	6,94	6,94	0,259	NO_3^{-}	62,01	62,01	2,31
Mg^{2+}	24,31	12,16	0,454	O^{2-}	16,00	8,00	0,29
Mn^{2+}	54,93	27,47	1,025	OH^{-}	17,01	17,01	0,63
Na^{+}	23,00	23,00	0,858	S^{2-}	32,06	16,03	0,59
NH_4^{+}	18,04	18,04	0,613	SO_4^{2-}	96,06	48,03	1,79
Ni^{2+}	58,71	29,34	1,095	Se^{2-}	78,96	39,06	1,45
Pb^{2+}	207,19	103,60	3,865	SiO_3^{2-}	76,00	38,00	1,41
Sb^{3+}	121,75	40,60	1,515				
Sn^{2+}	118,69	59,40	2,216				

1.4. SỨC ĐIỆN ĐỘNG. ĐO ĐIỆN THẾ ĐIỆN CỰC

Sức điện động của của pin là hiệu đại số các điện thế của hai điện cực lúc hở mạch.



Hình 1.2. Sơ đồ đo sức điện động của pin bằng von mét và hai biến trở con chạy

*V – von mét một chiều có vạch chia 10 – 20 mV; G – điện kế chỉ **I** = 0; K – khóa;*

E_x – sức điện động cần đo; R – biến trở con chạy; A – acquy.

Đo sức điện động của pin có nhiều phương pháp. Hình 1.2 trình bày một phương pháp đo tương đối đơn giản.

Đóng khóa K_2 và di chuyển con chạy của hai biến trở R cho đến khi đóng khóa K_1 mà kim điện kế G đứng im (chỉ I = 0). Lúc đó phần điện thế lấy từ acquy xung đối với sức điện động E_x nên von mét V chỉ giá trị E_v của phần điện thế đó, tức $E_x = E_v$.

Thông thường có thể đo trực tiếp sức điện động E_x của pin bằng von mét cao ôm, khi đó trên von mét cao ôm cho biết ngay giá trị cần đo. Von mét cao ôm có điện trở nội càng lớn thì giá trị E_x đo được càng chính xác. Một số loại von mét điện tử đáp ứng được yêu cầu này.

Muốn giá trị E_x đo được có độ chính xác cao, cần phải tiến hành trên các thiết bị đo điện hóa đặc biệt như galvanostat chẳng hạn.

Đo điện thế điện cực: Pin gồm hai điện cực, nếu một điện cực đã biết trước giá trị điện thế của nó (ví dụ φ) thì điện thế của điện cực kia (ví dụ φ_x) có thể tìm được bằng cách đo sức điện động E_x của pin này rồi tính theo phương trình:

$$E_x = \varphi - \varphi_x$$

Các điện cực so sánh tại một nhiệt độ nhất định luôn có giá trị điện thế không thay đổi (bảng 1.8) nên được dùng vào việc trên.

Vì φ có thể > hay < φ_x nên:

$$\varphi_x = \varphi \pm E_x$$

+ E_x khi φ là cực âm của pin.

– E_x khi φ là cực dương của pin.

1.5. CÁC ĐIỆN CỰC SO SÁNH

Điện thế của một số các điện cực so sánh được ghi trong bảng 1.8.

Điện cực hydro

Điện cực hydro (hình 1.3) gồm một lá hay lưới Pt được mạ điện Pt, nhúng một phần vào dung dịch HCl 1,18M (để có hoạt độ của H^+ bằng 1) và sục khí hydro qua dung dịch này cho đến khi đạt áp suất riêng phần là 1 atm.

Mạ Pt lên Pt tiến hành như sau: Lá hay lưới Pt tẩy nhẹ trong cường toan sôi (1 thể tích HNO_3 đặc + 2 thể tích HCl đặc), rửa nước hai lần, phân cực anot trong HCl 1M ở 10 – 20 mA/cm^2, rửa lại hai lần trong nước cất, phân cực catot trong dung dịch H_2SO_4 0,05M ở 10 – 20 mA/cm^2, rửa, nhúng vào dung dịch mạ gồm 1 – 2% H_2PtCl_6. Kết tủa Pt màu đen thu được tại mật độ dòng điện 2 – 6 mA/cm^2 trong 0,5 – 2 h sao cho đạt được 3 – 5 mg Pt/cm^2. Điện cực mạ xong rửa hai lần bằng nước cất rồi phân cực catot trong H_2SO_4 0,05% M. Bảo quản điện cực trong nước cất hai lần.

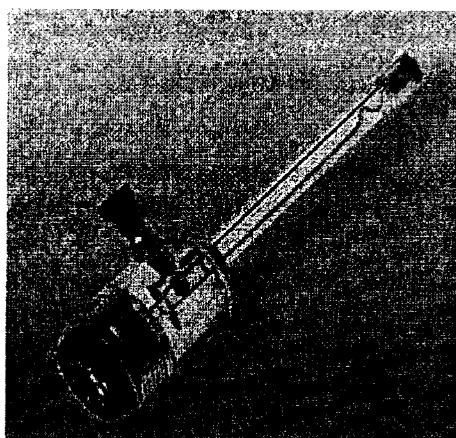
Điện cực hydro sử dụng tốt trong khoảng pH và nhiệt độ khá rộng.

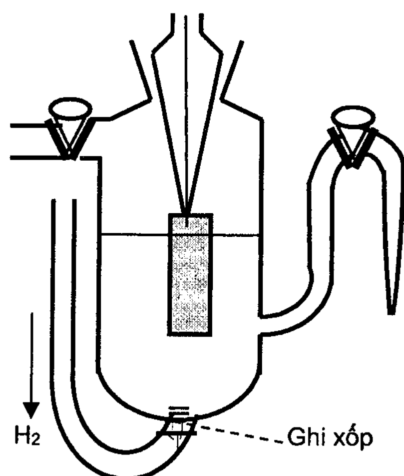
Trước khi đo phải sục khí hydro qua điện cực 20 – 30 ph để dung dịch HCl đạt đến bão hòa H_2 . Ngoài ra bề mặt Pt rất dễ bị ngộ độc nếu có mặt chất hữu cơ, kim loại... hấp phụ lên, dù rất ít. Do đó không được dùng ống cao su nối các bộ phận thủy tinh trong hệ thí nghiệm (vì sunfua từ cao su thôi ra làm ngộ độc Pt rất nhanh).

Bảng 1.8. Điện thế của các điện cực so sánh ở 25 °C

(so với điện thế điện cực hydro tiêu chuẩn – 1M)

Tên điện cực	*Hệ thống điện hoá*	*Điện thế, V*
Hydro tiêu chuẩn SHE	Pt | H_2(1 atm) | HCl 1,18M	0,000
Calomel bão hòa SCE	Hg | Hg_2Cl_2,KCl bão hòa	0,244 – 0,0003 (t – 25)
Calomel tiêu chuẩn	Hg | Hg_2Cl_2, KCl 1,0M	0,283
Calomel 0,1M KCl	Hg | Hg_2Cl_2, KCl 0,1M	0,336 – 0,00007 (t – 25)
Bạc clorua, bão hòa	Ag | AgCl, KCl bão hòa	0,199
Bạc clorua, 3,5 M KCl	Ag | AgCl, KCl 3,5M	0,205
Bạc clorua, tiêu chuẩn	Ag | AgCl, KCl 1,0M	0,222 – 0,0003 (t – 25)
Thuỷ ngân oxit, tiêu chuẩn	Hg | HgO, KOH 1,0M	0,098
Thuỷ ngân oxit	Hg | HgO, KOH 0,1M	0,165 – 0,0002 (t – 25)
Đồng sunfat, bão hòa	Cu | $CuSO_4$ bão hòa	0,318 – 0,0007 (t – 25)
Đồng sunfat, tiêu chuẩn	Cu | $CuSO_4$ 1,0M	0,337

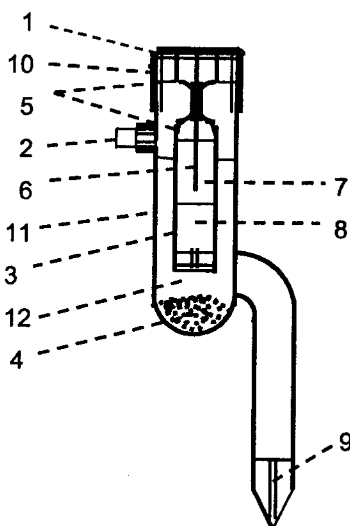




Hình 1.3. Một vài kiểu điện cực hydro

Điện cực calomel

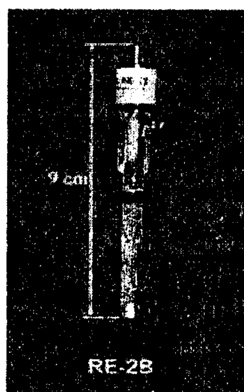
Điện cực calomel là điện cực so sánh được dùng rộng rãi nhất vì nó khá tin cậy lại đơn giản, tiện lợi, dễ sử dụng (hình 1.4).



Hình 1.4. Một kiểu điện cực calomel

1 – Nắp tiếp điện; 2 – Nút và miệng bổ sung dung dịch; 3 – Nút xốp (bông thủy tinh); 4 – Tinh thể KCl; 5 – Ống thủy tinh bên trong; 6 – Dây Pt, hàn với nắp 1 và gắn chặt với ống 5; 7 – Hg; 8 – Hg + Hg_2Cl_2 (nghiền chung thành bột nhão); 9 – Nút xốp; 10 – Nút gắn kết ống 5 với 11; 11 – Vỏ thủy tinh của điện cực; 12 – Dung dịch KCl bão hòa.

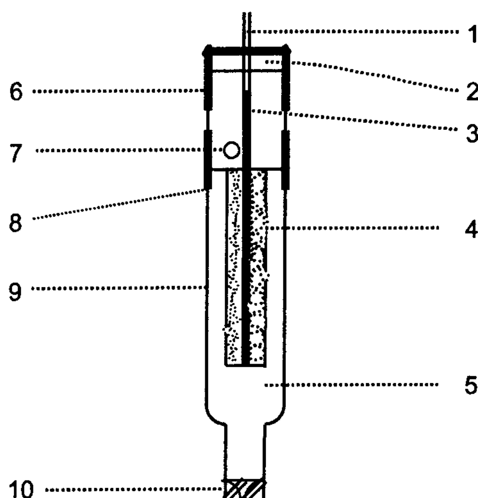
Điện thế điện cực của calomel là φ_{cal} = 0,268 – $(RT/F)\ln a_{Cl^-}$, V.



Vậy điện thế điện cực calomel càng âm khi hoạt độ ion Cl^- trong dung dịch càng lớn (xem bảng 1.8). Thông dụng nhất vẫn là điện cực calomel bão hòa (SCE), trong đó dung dịch KCl ở trạng thái bão hòa nhưng vẫn cho thêm các tinh thể KCl vào dự trữ. Điện cực calomel chỉ làm việc đến 70 °C vì trên 80 °C calomel bị phân hủy, vừa sai số lớn vừa gây độc hại. Trường hợp thật cần thiết phải nối điện cực calomel qua một cầu muối KCl bão hòa, có mao quản dẫn đến sát điện cực làm việc, tránh Hg_2Cl_2 từ điện cực này có thể thâm nhập vào dung dịch nghiên cứu hoặc ngược lại. Ảnh bên là một loại điện cực calomel thương phẩm.

Điện cực bạc clorua

Điện cực so sánh bạc clorua (hình 1.5) cũng được dùng rất rộng rãi vì cấu tạo đơn giản, độ tin cậy cao, dễ sử dụng. Nó được dùng trong các nghiên cứu tại phòng thí nghiệm để đo pH, làm điện cực chọn lọc ion, làm đầu dò redox liên hợp, dùng trong hệ bảo vệ catot chống ăn mòn, dùng trong y tế vì không độc, dùng để đo trong các môi trường nước và không nước, có thể làm việc đến 100 °C.



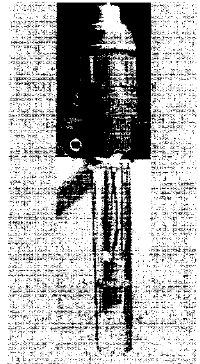
Hình 1.5. Một kiểu điện cực so sánh bạc clorua

1 – Dây đồng dẫn điện; 2 – Nút gắn; 3 – Dây bạc; 4 – Lớp AgCl; 5 – Dung dịch KCl 1M; 6 – Nắp nhựa; 7 – Lỗ rót dung dịch; 8 – Vòng nhựa dẻo bịt lỗ rót dung dịch; 9 – Vỏ thủy tinh, dài 130 mm, đường kính 12 mm; 10 – Nút sứ xốp.

Điện thế điện cực bạc clorua $\varphi_{Ag/AgCl}$ = 0,222 – $(RT/F)\ln a_{Cl^-}$, V

Vậy điện thế của nó càng âm khi nồng độ ion Cl^- trong dung dịch càng lớn (bảng 1.8).

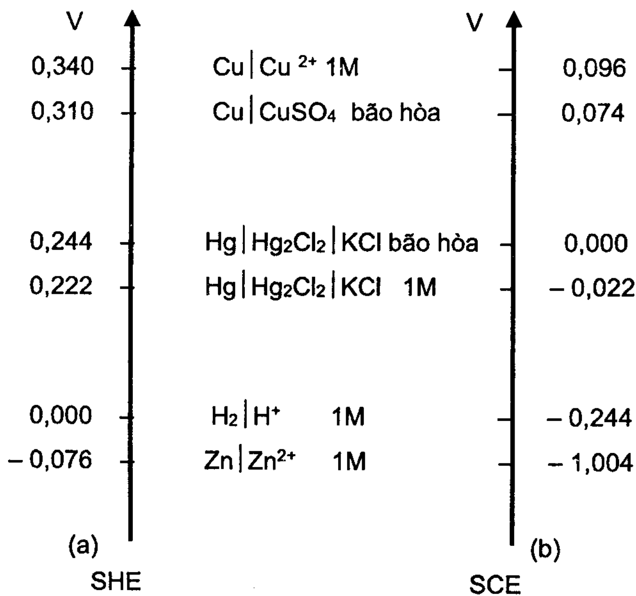
Hình 1.5 giới thiệu một loại cấu tạo của điện cực bạc clorua. Dây bạc được phủ một lớp AgCl đặt vào dung dịch KCl trong một ống thủy tinh, một đầu nối với phần tiếp điện, một đầu thu nhỏ và có nút sứ xốp để nhúng vào dung dịch có đặt điện cực làm việc W cần đo đạc. Vì AgCl dễ tan vào dung dịch KCl đậm đặc nên khi chế tạo điện cực bạc clorua cần cho dung dịch KCl được bão hòa AgCl trước rồi mới nạp vào điện cực. Nhược điểm của điện cực so sánh bạc clorua là dễ bị ánh sáng làm phân hủy AgCl thành Ag, dễ bị các ligan tạo phức như CN^-, NH_4^+... tạo với Ag hoặc AgCl thành các phức chất dễ tan. Các chất khử mạnh hay oxy hóa mạnh, các sunfua... lẫn vào cũng làm hư hỏng điện cực.



Điện cực bạc clorua

Các điện cực so sánh khác ít phổ biến hơn và thường dùng trong những trường hợp đặc biệt. Ví dụ: điện cực thủy ngân oxit dùng đo trực tiếp trong các dung dịch kiềm; điện cực đồng sunfat dùng đo về ăn mòn kim loại...

Các thang điện thế điện cực



Hình 1.6. So sánh các thang điện thế điện cực

Theo quy ước, điện thế điện cực hydro tiêu chuẩn có giá trị là 0,000 V (không phụ thuộc nhiệt độ), từ đó có thang điện thế hydro SHE như hình 1.6a. Tuy nhiên điện cực calomel bão hòa tiện dụng hơn nên hay dùng điện thế điện cực calomel làm mốc chuẩn để đo điện thế các điện cực khác theo thang SCE (hình 1.6b). Các giá trị điện thế đo theo thang SCE khi đổi sang thang SHE phải cộng thêm 0,244 V.

Bảng 1.9. Điện thế tiêu chuẩn của các kim loại tại 25 °C

Hệ thống	V (NHE)	Hệ thống	V (NHE)
$Li \Leftrightarrow Li^+ + e$	– 3,02	$Fe \Leftrightarrow Fe^{3+} + 3e$	–0,036
$K \Leftrightarrow K^+ + e$	– 2,922	$H_2 \Leftrightarrow 2H^+ + 2e$	**0,000**
$Ba \Leftrightarrow Ba^{2+} + 2e$	– 2,90	$Sn^{2+} \Leftrightarrow Sn^{4+} + 2e$	+ 0,15
$Ca \Leftrightarrow Ca^{2+} + 2e$	– 2,87	$Cu^+ \Leftrightarrow Cu^{2+} + e$	+0,167
$Na \Leftrightarrow Na^+ + e$	– 2,71	$Cu \Leftrightarrow Cu^{2+} + 2e$	+0,345
$Mg \Leftrightarrow Mg^{2+} + 2e$	– 2,67	$Cu \Leftrightarrow Cu^+ + e$	+0,522
$Ti \Leftrightarrow Ti^{2+} + 2e$	– 1,75	$Fe^{2+} \Leftrightarrow Fe^{3+} + e$	+0,771
$Be \Leftrightarrow Be^{2+} + 2e$	– 1,70	$2Hg \Leftrightarrow Hg_2^{2+} + 2e$	+0,7986
$Al \Leftrightarrow Al^{3+} + 3e$	– 1,667	$Ag \Leftrightarrow Ag^+ + e$	+0,7995
$Mn \Leftrightarrow Mn^{2+} + 2e$	– 1,05	$Pd \Leftrightarrow Pd^{2+} + 2e$	+0,83
$Zn \Leftrightarrow Zn^{2+} + 2e$	– 0,762	$Hg \Leftrightarrow Hg^{2+} + 2e$	+0,854
$Cr \Leftrightarrow Cr^{3+} + 3e$	– 0,71	$Hg_2^{2+} \Leftrightarrow 2Hg^{2+} + 2e$	+0,910
$Fe \Leftrightarrow Fe^{2+} + 2e$	– 0,44	$Pt \Leftrightarrow Pt^{2+} + 2e$	+1,20
$Cr^{2+} \Leftrightarrow Cr^{3+} + e$	– 0,41	$Au^+ \Leftrightarrow Au^{3+} + 2e$	+1,29
$Cd \Leftrightarrow Cd^{2+} + 2e$	– 0,402	$Au \Leftrightarrow Au^{3+} + 3e$	+1,42
$Tl \Leftrightarrow Tl^+ + e$	– 0,336	$Mn^{2+} \Leftrightarrow Mn^{3+} + e$	+1,51
$Co \Leftrightarrow Co^{2+} + 2e$	– 0,277	$Au \Leftrightarrow Au^+ + e$	+1,68
$Ni \Leftrightarrow Ni^{2+} + 2e$	– 0,25	$Co^{2+} \Leftrightarrow Co^{3+} + e$	+1,84
$Sn \Leftrightarrow Sn^{2+} + 2e$	– 0,136	$Ag^+ \Leftrightarrow Ag^{2+} + e$	+1,98
$Pb \Leftrightarrow Pb^{2+} + 2e$	– 0,126		

1.6. PHÂN CỰC

Sức điện động E của pin được xác định bằng hệ thức (xem mục 1.4):

$$E = \varphi_c - \varphi_a, \quad V$$

trong đó: φ_c, φ_a – các điện thế catot và anot của pin.

Có thể tính được φ_c và φ_a theo phương trình sau nếu biết hoạt độ ion kim loại a^{+n} trong dung dịch điện giải của pin thuận nghịch (lúc $I = 0$):

$$\varphi = \varphi^0 + (0{,}058 / n) \ln a^{+n}, \quad V \qquad (1)$$

trong đó: φ^0 – điện thế tiêu chuẩn của kim loại điện cực (bảng 1.9);

n – hóa trị của ion kim loại trong chất điện giải.

Khi pin làm việc với dòng điện I (lúc $I \neq 0$) thì điện thế của pin (E_I) sẽ giảm đi so với sức điện động E, tức: $E_I < E$. Hiện tượng này gọi là ***sự phân cực*** của pin.

Hiệu số $E - E_I = \Delta E$ gọi là *độ phân cực của pin.*

Hiệu số $\varphi - \varphi_c = \Delta\varphi_c$ gọi là *độ phân cực catot* hay *quá thế catot* (η_c).

Hiệu số $\varphi - \varphi_a = \Delta\varphi_a$ gọi là *độ phân cực anot* hay *quá thế anot* (η_a).

trong đó: φ tính theo phương trình (*) ở trên (khi I = 0).

φ_c và φ_a là điện thế catot hay anot lúc điện phân (khi $I \neq 0$).

Bảng 1.10. Hằng số a và b khi hydro thoát ra trên catot là các kim loại khác nhau (tại 20 ± 2 ^{0}C)

Kim loại	*Dung dịch axit*		*Dung dịch kiềm*	
	a	*b*	*a*	*b*
Ag	0,95	0,10	0,75	0,12
Al	1,00	0,10	0,64	0,14
Au	0,40	0,07	–	–
Be	1,08	0,12	–	–
Bi	0,84	0,12	–	–
Cd	1,40	0,12	1,05	0,16
Co	0,62	0,14	0,60	0,14
Cu	0,87	0,12	0,96	0,12
Fe	0,70	0,12	0,74	0,11
Ge	0,97	0,12	–	–
Hg	0,41	0,114	1,54	0,11
Mn	0,80	0,10	0,90	0,12
Mo	0,66	0,08	0,67	0,14
Nb	0,80	0,10	0	–
Ni	0,63	0,11	0,65	0,10
Pb	1,56	0,11	1,36	0,25
Pd	0,24	0,03	0,55	0,13
Pt	0,10	0,03	0,31	0,10
Sb	1,00	0,11	–	–
Sn	1,20	0,13	1,28	0,23
Ti	0,82	0,14	0,83	0,14
Tl	1,55	0,14	–	–
W	0,43	0,10	–	–
Zn	1,24	0,12	1,20	0,12

Quá thế hydro η_H là hiệu số giữa điện thế điện cực đang thoát hydro φ_H^i (lúc $I \neq 0$) với điện thế điện cực ấy lúc cân bằng φ_H (lúc $I = 0$) trong cùng một điều kiện:

$$\eta_H = \varphi_H^i - \varphi_H$$

Nếu nồng độ H^+ trong dung dịch không đổi thì quá thế hydro phụ thuộc vào bản chất kim loại điện cực, mật độ dòng điện *i* và nhiệt độ:

$$\eta_H = a + b \ln i$$

trong đó: *a* – hằng số, phụ thuộc vào bản chất điện cực, $a = \eta_H$ khi $i = 1$;

b – hằng số, phụ thuộc bản chất điện cực và nhiệt độ.

Hằng số *a* và *b* đối với một số kim loại cho trong bảng 1.10.

Quá thế oxy η_O là hiệu số giữa điện thế thực tế thoát oxy φ_O^i và điện thế thuận nghịch của oxy φ_O (φ_O = + 1,237 V).

Trong dung dịch KOH 1N quá thế oxy tăng dần theo dãy kim loại sau: Ni, Co, Pt mạ Pt, Fe, Cu, Pb, Ag, Cd, Pd, Pt, Au.

1.7. CÂN BẰNG ĐIỆN THẾ BỂ ĐIỆN PHÂN

Điện thế bể điện phân *E* là tổng của các thành phần:

$$E = E_{ph} + E_{dd} + E_{tx}, \quad V$$

trong đó: $E_{ph} = \varphi_a - \varphi_c$ là hiệu số điện thế giữa các điện cực khi đang điện phân (tức lúc $I \neq 0$), V;

E_{dd} – điện thế rơi trong dung dịch, giữa anot và catot, V;

E_{tx} – điện thế tại các điểm tiếp xúc điện từ đầu bể đến điện cực, V.

Xác định E: Bằng cách dùng von mét đo điện thế tại điểm nối hai dây dẫn với hai cầu cực đầu bể lúc đang mạ.

Đo tổng số $E_{ph} + E_{dd}$: Bằng cách dùng von mét đo điện thế giữa hai cực, với điều kiện hai dây dẫn của von met phải hàn trực tiếp với hai cực (anot và vật mạ).

Xác định E_{tx} theo công thức:

$$E_{tx} = E - (E_{ph} + E_{dd}).$$

Đo φ_a *và* φ_c: Tiến hành như mục 1.4 (Đo điện thế điện cực), tức là lập thành pin có hai điện cực, một trong hai điện cực của pin là φ_a hay φ_c, còn điện cực kia là một điện cực so sánh nào đó đã biết trước giá trị điện thế. Điểm cần lưu ý là ở đây là phải cho dòng điện đi qua pin để có được φ_a và φ_c phân cực đúng tại mật độ dòng điện cần thiết.

1.8. HIỆU SUẤT DÒNG ĐIỆN VÀ HIỆU SUẤT NĂNG LƯỢNG

Khi cho dòng điện *I* ampe đi qua dung dịch điện giải trong thời gian τ giờ thì lượng vật chất biến đổi trên điện cực theo lý thuyết *m* được tính theo công thức:

$$m = I.\tau.C / 26{,}8, \quad g$$

trong đó: *C* – đương lượng hóa học của chất phản ứng (bảng 1.7).

Trong thực tế, khi cho đi qua dung dịch điện giải một điện lượng $I.\tau$ Ah thì lượng chất biến đổi thực m_t nhỏ hơn lượng chất tính theo lý thuyết m, tức $m_t < m$, vì:

– Có quá trình phụ xảy ra trên điện cực làm thất thoát điện lượng; hay

– Có phản ứng hóa học phụ xảy ra trong dung dịch làm thất thoát sản phẩm điện cực.

Hiệu suất dòng điện H% là tỷ số giữa lượng chất thực thu m_t với lượng chất tính theo lý thuyết m:

$$H = 100 . m_t / m, \quad \%.$$

hay

$$H = m_t . 26{,}8 \ . \ 100 \ / \ I . \tau . C, \quad \%.$$

Lượng điện $I.\tau$ đi qua dung dịch có thể xác định bằng điện lượng kế hay bằng đồng hồ điện đo Ah.

Điện lượng kế là một bình điện phân đồng hay bạc luôn có $H \approx 100\%$ nên được dùng làm dụng cụ đo lượng điện đi qua mạch theo trọng lượng đồng hay bạc thoát ra trên catot của điện lượng kế (mắc nối tiếp trong mạch).

Sai số của điện lượng kế đồng là 0,05% – 0,1%.

Sai số của điện lượng kế bạc là 0,005%.

Chất điện giải của điện lượng kế đồng là dung dịch gồm 125 g $CuSO_4$, 50 g H_2SO_4 (d = 1,84), 50 ml rượu etylic, nước thêm cho đủ thành 1 lít dung dịch. Nhiệt độ dung dịch 18 – 25 ^{0}C. Anot bằng đồng đỏ (loại điện phân). Catot bằng nhôm hay đồng. Mật độ dòng điện catot trong khoảng 1 – 1,5 A/dm^2.

Chất điện giải của điện lượng kế bạc: Dung dịch bạc nitrat 10%.

Hiệu suất dòng điện khi xác định bằng điện lượng kế được tính theo công thức:

$$H = m_1 . C_2 . 100 \ / \ m_2 C_1, \quad \%$$

trong đó m_1 – lượng chất có trọng lượng đương lượng C_1, g;

m_2 – lượng chất có trọng lượng đương lượng C_2, g.

Hiệu suất dòng điện xác định theo điện lượng kế đồng:

$$H = m_1 . 31{,}785 . 100 \ / \ m_2 . C_1, \%$$

trong đó: m_1 – lượng kim loại mạ bám trên catot, g;

m_2 – lượng đồng bám trên catot điện lượng kế, g;

C_1 – trọng lượng đương lượng của kim loại mạ (bảng 1.7);

31,785 – trọng lượng đương lượng của đồng.

Hiệu suất năng lượng Hn% (còn có thể hiểu là năng lượng riêng của sản phẩm) là điện lượng cần thiết phải tiêu tốn để sinh ra 1 đơn vị sản phẩm, tính bằng kWh/đvsp:

$$Hn = 1000. I . \tau . E / m_t \text{ ,} \qquad \text{kWh/kg}$$

trong đó: I – cường độ dòng điện, A;

τ – thời gian điện phân, h;

E – điện thế làm việc của bể, V;

m_t – lượng chất thực thu (trọng lượng lớp mạ), g.

1.9. CÁC TÍNH TOÁN DÙNG TRONG MẠ ĐIỆN

Tính chiều dày trung bình δ của lớp mạ

$$\delta = I . \tau . \text{э} . H / S . \gamma . 1000 \text{ ,} \qquad \text{mm}$$

hay

$$\delta = i . \tau . \text{э} . H / \gamma . 1000 \text{ ,} \qquad \text{mm}$$

trong đó: δ – chiều dày lớp mạ, mm (nếu δ.1000 sẽ ra μm);

S – diện tích catot, dm^2;

τ – thời gian mạ, h;

э – đương lượng điện hoá, g/ Ah (bảng 1.7);

γ – trọng lượng riêng của kim loại mạ, g/cm^3 (bảng 1.11);

i – mật độ dòng điện catot, A/dm^2, $i = I/S$;

H – hiệu suất dòng điện, % (ví dụ: 67, 80 hay 95...).

Chiều dày trung bình tính như trên càng gần với chiều dày thực tế nếu phân bố kim loại mạ càng đồng đều trên toàn bề mặt catot.

Bảng 1.11. Trọng lượng riêng của một số kim loại (g/cm^3)

Kim loại	*Ký hiệu*	*Trọng lượng riêng, g/cm^3*	*Kim loại*	*Ký hiệu*	*Trọng lượng riêng, g/cm^3*
Antimon	Sb	6,67	Magie	Mg	1,74
Bạc	Ag	10,50	Mangan	Mn	7,30
Bạch kim	Pt	21,45	Nhôm	Al	2,70
Berili	Be	1,82	Palađi	Pd	12,00
Bismut	Bi	9,87	Reni	Re	20,90
Cađimi	Cd	8,64	Rođi	Rh	12,44
Coban	Co	8,83	Ruteni	Ru	12,30
Chì	Pb	11,34	Sắt	Fe	7,68
Crom	Cr	6,92	Thiếc	Sn	7,28
Đồng	Cu	8,93	Tantal	Ta	16,60
Inđi	In	7,31	Titan	Ti	4,50
Iriđi	Ir	22,60	Valađi	V	5,90
Kền	Ni	8,90	Vonfram	W	19,30
Kẽm	Zn	7,13	Vàng	Au	19,30
Molipđen	Mo	10,20			

Tính thời gian mạ τ

$$\tau \;=\; \delta \,.\, \gamma \,.\; 1000 \,/\, i_c \,.\, \text{э} \,.\, H, \quad \text{h.}$$

Thời gian mạ và chiều dày trung bình đã tính sẵn và kê trong bảng 1.12 và 1.13.

Bảng 1.12. Thời gian mạ dày 10 μm phụ thuộc vào i_c khi H = 100% (phút)

i_c, A/dm²	*Kim loại mạ*											*Cu – Zn 60 – 40*
	Zn	*Cd*	*Pb*	*Sn (2+)*	*Sn (4+)*	*Cu (2+)*	*Cu (+)*	*Ni*	*Fe*	*Ag*	*Au*	
0,10	355	247	176	200	400	451	226	482	452	157	160	252
0,25	142	99	70	80	160	180	90	192	182	63	64	102
0,50	70	50	36	40	79	90	45	97	92	31	32	51
1,0	35	25	18	20	40	45	23	49	46	16	16	25
2,0	18	13	9	10	20	23	12	25	23	8	8	13
3,0	12	9	6	7	13	15	8	16	15	–	–	**Cr**
4,0	9	6	4,5	5	10	11	–	12	11	–	–	
5,0	7	5	4	4	8	9	–	10	9	–	–	200
10	4	3	2	2	–	5	–	5	5	–	–	100
15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	67
20	2	–	1	1	2	–	–	–	–	–	–	50
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	34
40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25
50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20

Đối với mạ crom (phần dưới cột cuối cùng của bảng 1.12) được tính theo hiệu suất dòng điện H = 13% .

Khi hiệu suất dòng điện H không phải là 100% thì thời gian mạ thực τ_t tính theo công thức:

$$\tau_t \;=\; \tau \,.\, 100 \,/\, H, \quad \text{ph.}$$

trong đó: τ – thời gian mạ tra ở bảng 1.1 ứng với i đã dùng, ph;

H – hiệu suất dòng điện, % (mục 1.8).

Tính trọng lượng kim loại lớp mạ

Khi đã biết thời gian mạ τ và cường độ dòng điện I thì tính trọng lượng kim loại lớp mạ m như sau:

$$m \;=\; \text{э} \,.\, I \,.\, \tau \,.\, H \,/\, 100, \quad \text{g.}$$

Khi đã biết chiều dày δ lớp mạ thì tính trọng lượng kim loại lớp mạ m như sau:

$$m \;=\; 10 \,.\, S \,.\, \delta \,.\, \gamma, \quad \text{g.}$$

Bảng 1.13. Tính diện tích bề mặt S vật mạ

Hình vuông $S = a^2$ (cạnh a)	Hình chữ nhật $S = a.b$ (cạnh a, b)	Hình bình hành $S = a.h$ (đáy a, chiều cao h)
Hình tam giác $S = a.h/2$ (đáy a, chiều cao h)	Hình thang $S = (a + b)h/2$ (đáy a, b, chiều cao h)	Hình tròn $d = 2r$ $S = \pi r^2$ $= \pi d^2/4$
Hình vành khăn $S = \pi(R^2 - r^2)$ $= \pi(D^2 - d^2)/4$	Mặt ống $S = 2\pi rh$ $= \pi dh$ (r, h)	Hình elip $S = \pi ab$ (a, b)
Hình nón $M = \pi rl$ (M: mặt bên) $S = \pi r(r + l)$	Hình cầu $S = 4\pi r^2$ $= \pi d^2$ (r)	Chỏm cầu $a^2 = h(2r - h)$ $M = \pi(a^2 + h^2)$ $S = \pi(h^2 + 2a^2)$ (h, r, $2a$)

Diện tích vật mạ là tổng diện tích các mặt của vật đó. Công thức tính diện tích hình học các mặt ghi ở các hình vẽ trên.

Tính cường độ dòng điện I cần thiết để trong một thời gian quy định τ thu được lớp mạ có chiều dày ấn định trước δ. Cách tính như sau:

$$I = \delta . S . \gamma .1000 / \eta . \tau . H, \quad \text{A}$$

(xem ý nghĩa các ký hiệu của công thức tính chiều dày ở trên, đầu mục 1.9).

1.10. QUÁ TRÌNH KẾT TỦA KIM LOẠI VÀ CẤU TRÚC LỚP MẠ

Trong quá trình mạ, cation kim loại trong dung dịch chuyển đến catot, thu điện tử rồi kết tủa thành nguyên tử kim loại. Các nguyên tử liên kết thành ô mạng cơ sở. Các ô mạng phát triển thành tinh thể. Các tinh thể liên kết với nhau thành lớp mạ.

Bảng 1.14. Chiều dày lớp mạ δ, mạ ở điều kiện τ = 1 h, i_c = 1 A/dm², H = 100%

Lớp mạ	*Chiều dày δ, μm*	*Lớp mạ*	*Chiều dày δ, μm*
Sắt	13	Thiếc, từ dung dịch	
Vàng	37	- Axit	30
Inđi	19	- Kiềm	15
Cađimi	24	Palađi	17
Đồng thau		Platin	9
(60% Cu – 40% Zn)	24	Rođi	5
Đồng, từ dung dịch		Chì	33
- Axit	13	Bạc	37
- Xyanua	26	Kẽm	17
Kền	12		

Khi mạ ở điều kiện khác: $\tau \neq 1$ h, $i_c \neq 1$ A/dm², $H \neq 100\%$, thì phải tính thêm:

$$\delta_{thực} = \delta . \tau . i_c . H, \quad \mu m.$$

trong đó: δ – giá trị tra từ bảng 1.13, μm;

τ, i_c, H – lấy theo giá trị đã thực hiện.

Khi mạ, nếu độ phân cực catot càng lớn, tinh thể càng nhỏ mịn; phân cực catot càng bé, tinh thể càng lớn. Nếu kích thước tinh thể bé hơn chiều dài của sóng ánh sáng trắng thì lớp mạ sẽ rất nhẵn, bóng.

Thay đổi độ phân cực catot (để thay đổi kích thước tinh thể) bằng cách chọn thành phần dung dịch, thêm các chất hoạt động bề mặt, các chất bóng, chọn mật độ dòng điện i_c... hợp lý sẽ được lớp mạ mịn, nhẵn, sáng, bóng, san bằng...

Mạ hợp kim: Nếu dung dịch có hai hoặc ba... loại ion kim loại khác nhau thì trong những điều kiện thích hợp, các loại ion này cùng kết tủa đồng thời lên catot thành hợp kim điện giải hai hoặc ba nguyên. Quá trình mạ hợp kim đòi hỏi phải khống chế thật chặt chẽ các điều kiện kỹ thuật hơn so với khi mạ kim loại mới thu được lớp mạ có thành phần ổn định, chất lượng đồng đều.

1.11. VAI TRÒ CỦA HYDRO TRONG LỚP MẠ. ĐỘ XỐP CỦA LỚP MẠ

Nếu khi mạ mà hiệu suất dòng điện thoát kim loại thấp (H < 100%) thì thường là do khí hydro thoát ra trên catot nhiều, làm tổn thất điện vô ích. Tùy theo bản chất của dung dịch và kim loại mà có loại quy trình mạ không có hydro thoát ra (như mạ đồng sunfat, mạ bạc), thoát ra ít (mạ kền) hay thoát ra nhiều (mạ đồng xyanua) hoặc rất nhiều (mạ crom).

Hydro thoát ra phần lớn thành các bọt khí bay đi, nhưng có một phần lẫn vào lớp mạ dưới dạng bọt nhỏ tạo thành bọt xốp, rỗ, phồng rộp hoặc lẫn vào dưới dạng hấp thụ làm cho lớp mạ, thậm chí cả kim loại nền bị cứng, giòn, ứng suất nội tăng...

Thép nhiều cacbon, thép hợp kim cao, thép không gỉ đều bị giòn hydro sau khi mạ Cu, Zn, Cd... từ dung dịch xyanua. Để giảm độ giòn hydro, sau khi mạ phải ủ ở 150 – 190 °C từ 1 đến 3 h.

Khi hydro thoát ra nhiều hơn thường lệ, lớp mạ xốp, rỗ nhiều là do chuẩn bị bề mặt vật mạ chưa kỹ, dung dịch lẫn tạp chất, bẩn, độ axit cao... Khi đó phải kiểm tra lại khâu chuẩn bị bề mặt, kiểm tra lại thành phần, độ axit, tạp chất... của dung dịch mạ và có biện pháp xử lý thích hợp, như khử tạp chất, lọc, điều chỉnh độ axit... Cũng có thể hạn chế hydro giải phóng ra để giảm xốp, rỗ bằng cách giảm mật độ dòng điện i_c, gia nhiệt và khuấy mạnh dung dịch trong khi mạ.

Khi tẩy dầu mỡ điện hóa, tẩy gỉ, tẩy bóng... cũng có hydro thoát ra, một phần thấm vào kim loại tẩy, gây nên hiện tượng giòn hydro và nền sẽ cứng hơn. Tẩy quá lâu kim loại nền giòn và cứng quá sẽ khó gắn bám lớp mạ, cơ tính sản phẩm giảm. Khi đó phải khắc phục bằng cách ủ ở nhiệt độ cao.

Chỉ số hydro – độ pH: Độ axit của dung dịch được quyết định bởi nồng độ ion hydro H^+ trong dung dịch ấy. Nồng độ ion H^+ càng lớn thì độ axit càng lớn. Nồng độ ion H^+ tính bằng số ion–gam trong 1 lít. Để thuận tiện người ta thường biểu diễn độ axit bằng chỉ số hydro: $pH = -\lg[H^+]$.

Ví dụ: Nước cất tinh khiết là môi trường trung tính, có nồng độ ion $H^+ = 10^{-7}$ ion–gam/lít, hay là có pH = 7, vì $pH = -\lg[H^+] = -\lg[10^{-7}] = 7$.

Các dung dịch axit có pH < 7. Các dung dịch kiềm có pH > 7.

Đo độ axit của dung dịch bằng giấy đo pH. Muốn chính xác hơn phải đo bằng máy.

1.12. ĐỘ CỨNG CỦA KIM LOẠI MẠ

Kim loại mạ thường cứng hơn kim loại ấy được sản xuất từ các lò luyện kim. Bảng 1.15 kê độ cứng của một số kim loại mạ.

Bảng 1.15. Độ cứng của kim loại mạ điện

Lớp mạ	*Độ cứng Brinen (HB), kg/mm² (2)*	*Lớp mạ*	*Độ cứng Brinen (HB), kg/mm² (1)*
Kẽm	50 – 60	Vàng	40 – 100
Cađimi	12 – 60	Rôđi	600 – 650(2)
Thiếc	12 – 60		
Chì	3 – 10	Sắt, từ dung dịch	
Bạc	60 – 140	- Clorua nóng	80 – 150
Đồng, từ dung dịch		- Clorua nguội	350 – 400
- Axit	60 – 80	- Sunfat	250 – 300
- Xyanua	120 – 150	- Mạ phục hồi	300 – 600(2)
Kền			
- Mạ nóng	140 – 160	Crom	400 – 1200(2)
- Mạ nguội	300 – 350		
- Mạ bóng	500 – 550(2)		

Chú thích: (1) – 1 kg/mm² = 0,98 MPa. (2) – độ cứng Vicker.

1.13. KHẢ NĂNG PHÂN BỐ VÀ KHẢ NĂNG PHỦ CỦA CÁC DUNG DỊCH MẠ

Điện trở dung dịch giữa anot và catot phụ thuộc khoảng cách giữa chúng. Khoảng cách càng xa, điện trở càng lớn, dòng điện bị cản càng nhiều, mật độ dòng điện càng bé và kim loại kết tủa càng chậm, lớp mạ càng mỏng và ngược lại.

Do vậy các vật mạ có hình thù phức tạp, khoảng cách từ các phần của catot đến anot không giống nhau, nên chiều dày lớp mạ sẽ không đồng đều trên toàn catot: chỗ gần sẽ dày, chỗ xa, khuất sẽ mỏng (hoặc không có lớp mạ).

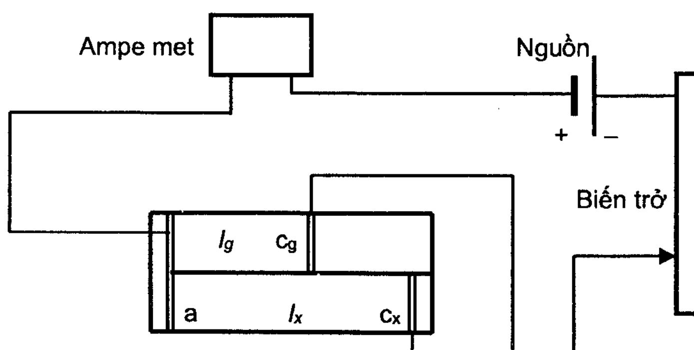
Tuy nhiên có nhiều lý do mà mức độ phân bố không đồng đều này của kim loại mạ (m_g/m_x) không phải lúc nào cũng trùng khít với mức độ không đồng đều về khoảng cách giữa các phần catot với anot ($l_x/l_g = k$). Sự khác nhau giữa k và m_g/m_x là một chỉ tiêu kỹ thuật nói lên khả năng phân bố (PB) của dung dịch. Vậy:

Khả năng phân bố (PB) là một tính chất đặc trưng cho năng lực có thể tạo ra lớp mạ dày đồng đều đến mức độ nào từ dung dịch mạ đó. Công thức tính PB như sau:

$$PB = [(k - m_g/m_x)/k].100, \quad \%.$$

Xác định PB từ bình mạ hai ngăn thông nhau (hình 1.7) như sau:

Hai catot bằng đồng, thau... sau khi tẩy rửa phải sấy và cân trước khi mạ. Vị trí hai catot đặt cách anot với các khoảng cách l_x và l_g sao cho $l_x/l_g = k = 2$. Sau khi mạ 1,5 – 2 h, rửa sạch, sấy và cân hai catot lại.

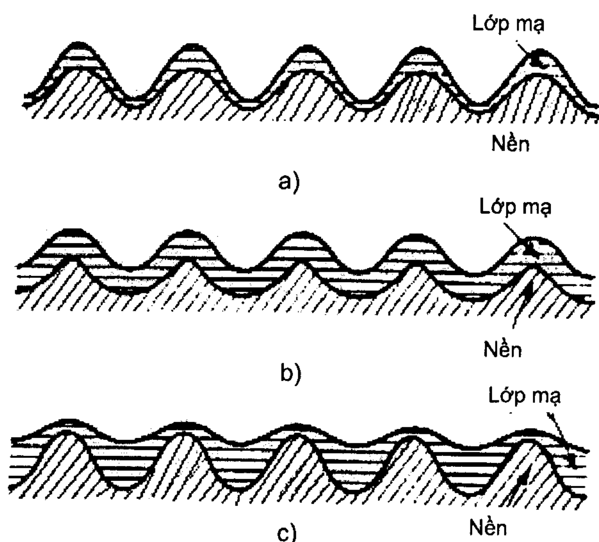


Hình 1.7. Sơ đồ đo khả năng phân bố của dung dịch mạ điện

Hiệu số các lần cân cho biết trọng lượng kim loại mạ bám trên hai catot là m_g và m_x. Từ đó có thể tính PB theo công thức trên.

Khả năng phân bố của dung dịch mạ cho biết lớp mạ có phủ kín và dày đều trên các vùng khác nhau của bề mặt mạ hay không.

Phân bố tế vi cho biết dung dịch mạ có khả năng san bằng đến mức độ nào các vết xước, vết mài bóng, độ nhám... rất nhỏ trên bề mặt catot phẳng.



Hình 1.8. Ba loại phân bố tế vi

a – Phân bố tế vi âm (xấu); b – San bằng hình học; c – San bằng thực.

Sau khi mạ, độ nhám tế vi có thể xảy ra theo ba cách như hình 1.8.

Bề mặt nhẵn bóng hơn (c): tức dung dịch mạ có khả năng phân bố tế vi rất tốt, còn gọi là dung dịch có khả năng san bằng thực. Điển hình là dung dịch mạ kền bóng rồi đến dung dịch mạ đồng axit.

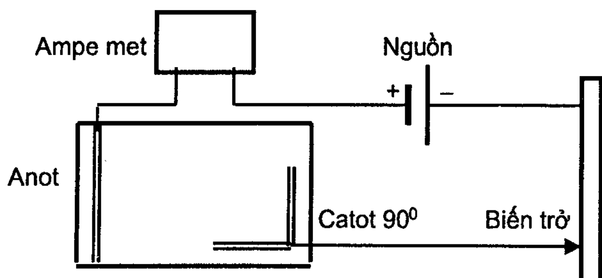
Bề mặt không thay đổi độ nhám sau mạ (b): còn gọi là dung dịch có khả năng san bằng hình học. Điển hình là dung dịch mạ crom.

Bề mặt nhám hơn sau khi mạ (a): còn gọi là phân bố tế vi âm, cho độ nhám tăng lên. Đa số các dung dịch mạ cho kết quả này, kể cả dung dịch mạ đồng xyanua.

Dung dịch có phân cực nồng độ lớn (dung dịch phức xyanua...) cho phân bố vĩ mô (tức khả năng phân bố) tốt, nhưng cho phân bố tế vi kém.

Dung dịch có phân cực nồng độ bé (các dung dịch muối đơn) cho phân bố vĩ mô (tức khả năng phân bố) kém, nhưng lại cho phân bố tế vi tốt.

Khả năng phủ của dung dịch mạ quy ước là năng lực phủ lớp mạ kín được bao nhiêu phần trăm bề mặt của một catot bẻ gập 90^0 từ dung dịch ấy.



Hình 1.9. Sơ đồ đo khả năng phủ của dung dịch mạ điện

Xác định khả năng phủ từ bình mạ hình hộp đặc biệt như hình 1.9. Anot phẳng. Catot dài 100 mm, rộng 50 mm, bẻ gập 90^0 ở giữa, đặt vào bể mạ (như hình vẽ) và thông điện trong 1,5 – 2 h theo mật độ dòng điện quy định. Sau khi rửa, sấy, duỗi thẳng catot ra và đo giá trị khả năng phủ bằng số % diện tích (mặt trong) catot được phủ. Dung dịch có khả năng phủ tốt thì 100% diện tích có lớp mạ che phủ. Ngược lại lớp mạ sẽ bị lỏi tại góc bẻ 90^0. Đo và tính % diện tích phủ bằng thước tự tạo như sau: lấy miếng nhựa trong, dùng mũi nhọn vạch các đường kẻ song song cách nhau 10 mm theo hai chiều vuông góc nhau, sẽ được tấm nhựa kẻ ô vuông, mỗi ô 10 mm x 10 mm = 100 mm^2. Áp tấm nhựa lên mẫu mạ và đếm số ô vuông ứng với chỗ có lớp mạ phủ. Từ đó tính ra phần trăm diện tích được phủ.

Chương 2
GIA CÔNG BỀ MẶT KIM LOẠI BẰNG PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC

2.1. CÁC LOẠI GIA CÔNG CƠ HỌC

Có nhiều cách gia công cơ học dùng cho công nghệ mạ điện: mài và đánh bóng trên các bánh mài, phớt bóng, trong thùng quay, thùng xóc, máy rung, máy phun cát, phun bi kim loại hay máy chải...

Mài phá là khâu gia công cơ đầu tiên, mục đích làm sạch gỉ, tạo mặt phẳng. Thường dùng bánh mài, vật liệu mài... có cỡ hạt to, thô.

Mài tinh tiến hành tiếp sau khâu mài phá, mục đích làm cho bề mặt phẳng, nhẵn, hết vết xước. Thường dùng bánh mài, phớt mài, vật liệu mài... có cỡ hạt nhỏ, mịn. Có thể mài tinh một hay nhiều lần với cỡ hạt mài nhỏ dần để đạt được yêu cầu cần thiết.

Đánh bóng làm cho bề mặt vật gia công hay lớp mạ trở nên bóng, sáng, phản quang tốt. Đánh bóng thường thực hiện trên các phớt bóng bằng da, dạ, vải bông có bôi thêm thuốc đánh bóng. Cũng có thể thực hiện trên các thiết bị đánh bóng chuyên dụng đối với các vật đặc biệt.

Mài và đánh bóng thường thực hiện trên máy quay với tốc độ 1420 – 2850 vg/ph, hai đầu trục lắp bánh mài hay phớt bóng.

Quay trộn, xóc, rung thường áp dụng cho các vật bé, mảnh... và thực hiện trong các thùng quay, chuông quay hay các máy chuyên dụng cho đến khi đạt độ nhẵn, bóng mong muốn. Vật gia công đổ vào thùng cùng với hạt mài như cát, bi kim loại, bi gốm sứ, mùn cưa, trấu... ở dạng khô. Mài, đánh bóng dạng ướt thì phải thêm dung dịch hóa chất vào như xà phòng, bồ hòn, xút hay axit loãng, hoặc các chế phẩm đặc biệt do các hãng sản xuất và cung cấp.

Tốc độ thùng quay từ 10 đến 60 vg/ph.

Mài và đánh bóng trong thùng quay cho vật có độ nhẵn ban đầu ∇5 – ∇6, sau khi mòn đi 0,1 – 0,15 mm sẽ đạt đến độ nhẵn ∇7 – ∇8, được bề mặt không bị rỗ, xước...

Không dùng phương pháp này để gia công cho các vật có ren ngoài, hoa văn, hoạ tiết nổi...

Phun cát lên bề mặt kim loại sẽ làm sạch hết gỉ, chất bẩn và tạo nhám đều cho bề mặt kim loại. Không khí nén dùng cho thiết bị phun cát có áp suất 1,5 – 3 atm. Cát phải khô. Không khí nén phải làm sạch hết dầu mỡ, hơi ẩm. Phải thực hiện trong thiết bị kín, đặt ở một phòng riêng có thiết bị thông gió, tránh ô nhiễm bụi và tiếng ồn. Không nên dùng cát thạch anh vì sinh nhiều bụi độc hại.

Thay không khí nén bằng tia nước áp suất cao mang theo hạt mài phun lên bề mặt kim loại cũng có tác dụng như trên, đồng thời còn tránh được bụi.

Chải áp dụng cho các vật có ren, nhiều khe, rãnh, lỗ sâu... để làm sạch bề mặt cho chúng. Bàn chải bằng các vật liệu: dây thép, dây đồng thau, lông thú, rễ cây, chất dẻo... Máy chải đặt cố định hoặc cầm tay cơ động. Có thể chải khô hay chải ướt bằng các dung dịch xà phòng, xút loãng, nước vôi hay các chế phẩm đặc biệt...

Thiết bị, nguyên vật liệu... dùng cho các loại gia công cơ học này được trình bày ở chương 14.

2.2. VẬT LIỆU MÀI VÀ ĐÁNH BÓNG

Hạt mài

Corundum là vật liệu có chứa 90 – 98% Al_2O_3, còn lại là cát, mica... Trọng lượng riêng 3,93 – 4 g/cm^3. Độ cứng 9 (theo thang khoáng chất). Corundum có ba dạng: corundum nhân tạo, corundum thường và bột ráp.

Corundum thường dùng để sản xuất bột mài thô, mài tinh, đá mài mịn.

Bột ráp gồm 60% corundum, 39% sắt oxit, còn lại là cát, silicat. Độ cứng 7,2 – 7,5 (theo thang khoáng chất). Do độ cứng thấp và nhiều lý do khác, hiện nay ít dùng bột ráp.

Corundum nhân tạo được dùng rộng rãi nhất. Độ cứng 9,1 (theo thang khoáng chất) và phụ thuộc vào hàm lượng Al_2O_3. Corundum nhân tạo được sản xuất từ bauxit thành nhiều loại. Loại trắng chứa 99% Al_2O_3 và 0,15% Fe_2O_3..., làm hạt mài cho thép, gang đúc, nhôm, đồng đỏ.

Silic cacbua có màu sắc phụ thuộc vào thành phần của chúng, thường từ màu xanh đến đen. Silic cacbua tinh khiết không màu, trong suốt, trọng lượng riêng 3,2, độ cứng 9,13 – 9,15 (theo thang khoáng chất). Trong kỹ thuật thường dùng loại có hàm lượng silic cacbua dưới 97% để mài các kim loại mềm như đồng, đồng thau, gang, nhôm và hợp kim nhôm. Cỡ hạt của silic cacbua thường to hơn cỡ hạt corundum.

Tham khảo thêm ở mục 14.1 và 14.2 của chương 14.

Vật liệu đánh bóng

Crom oxit: Bột màu xanh đen, dùng đánh bóng các kim loại có độ cứng cao. Thuốc đánh bóng chế từ crom oxit dùng rất phổ biến trong các xưởng mạ. Không nên dùng để đánh bóng các kim loại mềm vì dễ bị mòn vẹt.

Nhôm oxit: Sản xuất bằng cách nung nhôm hydroxit. Hàm lượng Al_2O_3 trong thuốc càng cao đánh càng dễ bóng.

Sắt oxit: Chứa đến 75% Fe_2O_3, dùng đánh bóng kền, thép, đồng, bạc, vàng.

Vôi tôi: Dùng làm thuốc đánh bóng, làm sạch dầu mỡ trước khi mạ.

Marsalit là loại bột mài thiên nhiên, chứa silic oxit không định hình, dùng để chế thuốc mài, thuốc đánh bóng.

Tripoli là một loại đất silicat có nhiều trong thiên nhiên, thành phần chủ yếu là SiO_2. Hạt tripoli xốp, mềm, không sắc cạnh, thích hợp cho việc đánh bóng các kim loại mềm như đồng thau, nhôm, kẽm.

Thành phần thuốc đánh bóng

Olein (axit oleic) là chất lỏng nhờn, màu vàng đỏ, làm lạnh sẽ đóng rắn lại. Axit oleic có mùi khó chịu, độ tinh khiết thường không quá 93 – 95%. Sấy khô không được quá 10 – 16 ^{0}C. Hàm lượng các tạp chất không xà phòng hóa được là 5 – 8%. Độ tro không quá 0,5%.

Parafin là hợp chất hydrocacbon rắn, thu được khi chưng cất dầu parafin. Trọng lượng riêng 0,87. Nhiệt độ nóng chảy 42 – 54 ^{0}C. Hàm lượng dầu 1 – 5%; không chứa axit và kiềm. Thuốc đánh bóng làm bằng parafin có màu trắng, không mùi, không vị.

Petrolatum là một sản phẩm chưng cất dầu mỏ, độ nhớt cao hơn parafin và serezin. Petrolatum được dùng để thay thế một phần hay toàn bộ lượng stearin khi chế tạo thuốc đánh bóng.

Mỡ kỹ thuật là một sản phẩm chưng cất dầu mỏ, có nhiệt độ nóng chảy 45 – 50 ^{0}C, dùng chế tạo loại thuốc mài hay đánh bóng sơ bộ. Có thể thay thế bằng mỡ bò, mỡ lợn, mỡ cừu... hoặc dùng hỗn hợp nhiều loại mỡ.

Nhựa thông xám là chất lỏng không màu, sánh, chưng cất từ nhựa cây thông, mùi nồng. Trọng lượng riêng 0,855 – 0,872. Nhiệt độ sôi đầu 152 – 155 ^{0}C; nhiệt độ sôi cuối 175 – 189 ^{0}C. Dễ bắt lửa.

Stearin: Ở nhiệt độ thường màu trắng, nóng chảy ở 69,3 ^{0}C và trở thành trong suốt. Trọng lượng riêng 0,845. Dễ xà phòng hóa; tạp chất không xà phòng hóa được < 0,4%; độ tro < 0,02%. Stearin chưng cất dùng để chế tạo thuốc đánh bóng.

Serezin là một hợp chất hydrocacbon rắn, có màu cát vàng. Trọng lượng riêng 0,9 – 0,945 tại nhiệt độ 15 ^{0}C. hòa tan hoàn toàn trong xăng ở 70 ^{0}C. Có chứa tạp chất axit hữu cơ, không chứa nước, cặn bẩn.

2.3. CHUẨN BỊ BÁNH MÀI, PHỚT ĐÁNH BÓNG VÀ THUỐC ĐÁNH BÓNG

Bánh mài làm bằng da, dạ (nỉ), vải bạt... thành dạng bánh xe lắp trên máy hai đầu trục (xem hình 14.8 chương 14). Cũng có thể có dạng hình côn, hình đĩa... thích hợp cho các vật gia công có hình dạng phức tạp. Bánh mài còn có thể có dạng đai truyền (băng vòng) lắp trên máy, đặc biệt có hai hay nhiều bánh truyền (puli) để mài các vật có mặt cong, tròn.

Hạt mài được gắn lên mặt bánh mài nhờ chất kết dính. Đó là các chất thủy tinh lỏng, keo dán gỗ, cazein, keo da, keo tổng hợp... Keo da, keo xương phải ngâm 12 h cho trương rồi đun cách thủy đến 60 – 70 ^{0}C cho tan thành chất kết dính. Thủy tinh lỏng có độ dính cao nhất khi trọng lượng riêng là 1,4 – 1,45. Sau khi phết chất kết dính, lăn hạt mài cần sấy khô ở 20 – 30 ^{0}C từ 10 – 24 h; có thể lăn dán nhiều lớp hạt mài nhưng thời gian sấy phải lâu hơn, thậm chí 48 h (xem mục 14.1.4).

Bánh chải: Đế bánh chải làm bằng gỗ hay kim loại có găm, kẹp dây kim loại, dây cước... Đường kính trung bình của bánh chải 250 – 350 mm.

Chải cho gang, thép, đồng thanh dùng bàn chải dây thép đường kính d = 0,05 – 0,3 mm.

Chải kền, lớp mạ kền, đồng dùng bàn chải dây thép, dây hợp kim có d = 0,15 – 0,25 mm.

Chải lớp mạ Zn, Sn, Cu, Cu–Zn dùng bàn chải dây đồng, đồng thau có d = 0,15 – 0,20 mm.

Chải thô dùng dây có đường kính d lớn (0,3 – 0,6 mm).

Chải tinh dùng dây có đường kính d nhỏ (0,05 – 0,1 mm).

Chải ướt cho bề mặt mượt, láng hơn chải khô.

Chải bạc dùng dây đồng thau, dây hợp kim có d = 0,10 – 0,15 mm.

Chải vàng dùng dây đồng thau có d = 0,05 – 0,15 mm.

Tốc độ quay bánh chải từ 450 – 1800 vg/ph, lắp trên máy cố định hay máy cầm tay.

Hình 14.11 và 14.12 (chương 14) trình bày các kiểu bánh chải.

Phớt bóng làm bằng vật liệu mềm hơn bánh mài, như phớt (nỉ), dạ, vải mộc, vải phin..., chúng được ghép hay may thành bánh như hình 14.9 (chương 14) theo những kiểu dáng, kích cỡ khác nhau để phù hợp với tính đa dạng của vật gia công. Trên mặt phớt bóng được bôi thuốc đánh bóng để tăng tốc độ và hiệu quả đánh bóng.

Thuốc đánh bóng có thể mua trên thị trường do các hãng chuyên nghiệp chế tạo và cung cấp, cũng có thể tự chế tạo lấy theo thành phần tỷ lệ ghi trong bảng 2.1. Cách làm như sau: đun nóng chảy các chất giữ vai trò kết dính như mỡ, parafin, serezin, oleic..., khuấy đều, từ từ cho bột mài vào đồng thời khuấy liên tục cho đến khi đủ quánh, đổ hỗn hợp vào khuôn, để nguội, sau khi đóng rắn (thành dạng cao) ta được thuốc đánh bóng.

Bảng 2.1. Thành phần thuốc mài và đánh bóng

Thành phần thuốc	*Hàm lượng, %*	*Công dụng*
Petrolatum Mỡ Parafin	43,4 43,4 13,2	Dùng cho mài lần cuối
SiO_2 Parafin Mỡ Serezin	80,8 10 9 0,2	Dùng cho mài lần cuối Tăng năng suất và chất lượng mài Bánh mài bền hơn
Fe_2O_3 Stearin Axit oleic Serezin Parafin	73,1 18,5 1 2 5,4	Đánh bóng kim loại mềm: đồng, lớp mạ đồng và hợp kim đồng, bạc...
Vôi tôi Serezin Stearin Mỡ Nhựa thông	71,8 1,5 23 1,5 2,2	Đánh bóng Ni, lớp mạ Ni, đồng thau, nhôm, bạc và kim loại màu khác
Cr_2O_3 Stearin Axit oleic	73 23 4	Đánh bóng lớp mạ Cr, thép không gỉ...

Al_2O_3	35,6	
Cr_2O_3	35,6	Đánh bóng hợp kim kẽm và lớp mạ đồng
Serezin	13,4	
Stearin	8,8	
Mỡ	4,4	
Nhựa thông	2,2	
Al_2O_3	65	
Mỡ	8	Đánh bóng lớp mạ đồng và kền
Stearin	10	
Serezin	14,5	
Nhựa thông	2,5	
Fe_2O_3	35,5	
Cr_2O_3	35,5	Đánh bóng thép, lớp mạ đồng kền
Stearin	22,4	
Axit oleic	4,4	
Parafin	2,2	
Petrolatum	19,4	
Cr_2O_3	74	Đánh bóng nhôm
Oleic	4,7	
Stearin	1,9	
Petrolatum	16,23	
Cr_2O_3	73	Đánh bóng Ni và lớp mạ Ni
Stearin	10,77	
Petrolatum	25	
Cr_2O_3	70	Đánh bóng đồng thau
Axit oleic	5	
Petrolatum	13	
Cr_2O_3	73	Đánh bóng đồng, kền, nhôm, thép không gỉ
Stearin	14	
Cr_2O_3	74	
Silicagen	1,8	Mài tinh cho thép
Stearin	10	
Mỡ	10	
Axit oleic	2	
Na_2CO_3	0,2	
Dầu hỏa	2	

Chương 3
GIA CÔNG HÓA HỌC VÀ ĐIỆN HÓA CHO BỀ MẶT KIM LOẠI

Lớp mạ chỉ bám chắc và không bị rỗ, châm kim khi bề mặt vật mạ (nền) đã được tẩy sạch cẩn thận khỏi dầu mỡ, gỉ, oxit và các tạp bẩn khác trước khi đưa vào bể mạ.

3.1. TẨY DẦU MỠ

Có thể tẩy dầu mỡ, vết mồ hôi... bằng phương pháp hóa học hay điện hoá.

Tẩy dầu mỡ hóa học có thể tiến hành bằng dung môi hữu cơ, bằng nước vôi, bằng dung dịch kiềm nóng, bằng tẩy dầu điện hóa.

Tẩy trong dung môi hữu cơ như tricloetylen, xăng, dầu hỏa... hay tẩy bằng vôi bột, nước vôi... là khâu tẩy sơ bộ, sau đó nhất thiết phải tẩy thêm trong dung dịch kiềm nóng.

Dùng tricloetylen (C_2HCl_3 có tỷ trọng là 1,47) sẽ tẩy được cả dầu mỡ động thực vật, khoáng vật lẫn thuốc mài và đánh bóng cho thép, đồng, kền cùng các hợp kim của chúng. Không được tẩy cho nhôm, titan và hợp kim titan. Vật trước khi tẩy phải sấy khô hết nước để tránh bị ăn mòn.

Cũng có thể dùng tetracloetylen C_2Cl_4 để tẩy dầu mỡ cho cho hầu hết các kim loại, kể cả Mg và Al.

Phải tiến hành tẩy dung môi hữu cơ trong thiết bị chuyên dụng và thao tác đúng quy định để tránh độc hại.

Lau chùi bằng xăng, dầu hỏa, vôi bột, nước vôi... thích hợp cho các vật quá phức tạp, cần đến thao tác thủ công, cũng như cho các vật tẩy là những kim loại không được phép tẩy lâu trong kiềm nóng (vì dễ bị hòa tan).

Sau khi tẩy dầu mỡ sơ bộ theo các cách trên, phải rửa sạch bằng nước rồi mới tẩy dầu mỡ tiếp trong dung dịch kiềm nóng.

Tẩy trong dung dịch kiềm nóng: Sau khi tẩy sơ bộ để làm sạch nốt dầu mỡ còn sót lại. Cũng có thể dùng cách tẩy trong dung dịch kiềm nóng này như một khâu tẩy sơ bộ cho các vật bẩn nhiều dầu mỡ nhưng có hình dạng đơn giản, bền trong kiềm nóng, rồi tẩy điện hóa tiếp để được sạch triệt để hơn.

Vật tẩy thường đựng trong giỏ thép, lưới thép, dễ thoát dung dịch và dễ rửa.

Thời gian tẩy phụ thuộc mức độ bẩn của vật, thành phần và nồng độ dung dịch tẩy, thường từ 3 đến 20 ph.

Tăng nhiệt độ để tẩy được nhanh, hiệu quả và triệt để hơn, thường tẩy ở 70 – 90 °C. Các chất tẩy rửa hiện đại chỉ cần tẩy ở 40 – 60 °C đã cho kết quả rất tốt.

Chất hoạt động bề mặt có tác dụng thấm ướt bề mặt; chất nhũ hóa có tác dụng lôi dầu mỡ bong khỏi bề mặt... nên dễ tách màng dầu mỡ khỏi bề mặt kim loại.

Sắt, thép, gang tẩy trong dung dịch kiềm đặc (NaOH tới 100 g/l), pH 12 – 14.

Kim loại màu, kim loại nhẹ tẩy trong kiềm loãng (NaOH < 50 g/l), pH 10 – 11.

Kim loại dễ tan trong kiềm như Al, Zn, Sn... không dùng NaOH trong dung dịch tẩy.

Bảng 3.1. Thành phần dung dịch và chế độ tẩy dầu mỡ hóa học

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ tẩy	*Dung dịch*			
	1	*2*	*3*	*4*
NaOH	5 – 15	20 – 40	8 – 12	–
$Na_3PO_4.12H_2O$	15 – 35	5 – 15	20 – 50	15 – 35
Na_2CO_3	15 – 35	–	–	15 – 35
Chất hoạt động bề mặt	3 – 5	3 – 5	–	3 – 5
Na_2SiO_3 (thủy tinh lỏng)	–	10 – 30	25 – 30	–
Nhiệt độ, °C	60 – 80	50 – 70	40 – 70	60 – 80
Thời gian tẩy, ph	3 – 20	2 – 5	3 – 10	5 – 20
Tẩy cho kim loại	Thép	Thép	Kim loại màu, hợp kim Al	Al và hợp kim Al

Để bảo vệ môi trường nên dùng chất tẩy rửa không chứa hoặc chứa rất ít photphat; nên dùng chất tẩy rửa chứa natri gluconat, natri heptagluconat, natri xitrat, NTA, EDTA...

Thành phần và chế độ tẩy dầu mỡ hóa học của một số dung dịch cho trong bảng 3.1. Hiện nay trên thị trường Việt Nam đã có mặt các chất tẩy rửa tổng hợp nhập ngoại khá tốt như Udyprep 110 EC, Ace clean A – 110, Labomid...

Tẩy dầu mỡ điện hóa: Vật tẩy mắc thành một điện cực, điện cực kia bằng thép tấm. Dung dịch tương tự như dung dịch tẩy dầu mỡ hóa học nhưng loãng hơn và không dùng chất tạo bọt. Vật tẩy có thể cho phân cực catot hay anot:

Phân cực catot cho vật tẩy thì ngoài tác dụng tẩy hóa học do dung dịch gây nên còn có khí hydro thoát ra làm bong dầu mỡ khỏi bề mặt, tăng tốc độ và hiệu quả tẩy rửa. Hydro còn có tác dụng hydro–hóa làm biến chất một số loại dầu mỡ, nhưng hydro cũng lại dễ thấm vào kim loại tẩy làm nó bị giòn, cứng, vì vậy không nên lạm dụng tẩy catot quá lâu, nhất là tẩy cho các vật bé, mảnh, mỏng như lò xo, nhíp...

Bảng 3.2. Thành phần dung dịch và chế độ tẩy dầu mỡ điện hóa

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ tẩy	*Dung dịch*						
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
NaOH	20 – 40	5 – 10	45 – 55	60 – 70	10 – 15	10 – 15	8 – 12
Na_2CO_3	20 – 40	20 – 40	–	10 – 20	25 – 30	25 – 30	8 – 12
Na_3PO_4	20 – 40	20 – 40	10 – 20	5 – 10	25 – 30	25 – 30	4 – 6
Na_2SiO_3	–	3 – 5	15 – 25	–	–	–	–
NaCN	–	5 – 15	–	–	10 – 15	–	–
$Na_3P_3O_{10}$	–	–	10 – 20	–	–	–	–
Chất HĐBM (1)	–	–	0,1 – 0,2	0,1 – 1	–	–	–
Trilon B	–	–	–	4 – 6	–	–	–
Nhiệt độ, °C	60 – 80	60 – 80	75 – 85	35 – 40	65 – 70	40 – 50	60 – 70
i_c , A/dm^2	2 – 10	2 – 10	4 – 8	1 – 1,5	2 – 5	–	1 – 2
i_a , A/dm^2	2 – 10	2 – 10	3 – 5	–	–	2 – 3	–
τ_c , ph	3 – 10	3 – 10	4	3,5	4	–	0,5
τ_a , ph	1 – 3	1 – 3	1 – 2	–	–	1 – 2	–
Dùng tẩy cho	Thép (treo)	Thép (treo)	Thép (dòng~)	Thép (quay)	Đồng	Đồng (2)	Hợp kim kẽm

Chú thích: (1) – Chất hoạt động bề mặt. (2) – Lớp mạ Cu trên Fe tẩy catot trong dung dịch 5 rồi tẩy anot trong dung dịch 6.

Phân cực anot cho vật tẩy, ngoài tác dụng tẩy hóa học của dung dịch còn có oxy thoát ra làm bong dầu mỡ khỏi bề mặt, tăng tốc độ và hiệu quả tẩy rửa. Oxy thoát ra có tác dụng oxy hóa làm biến chất dầu mỡ, nhưng cũng oxy hóa cả bề mặt kim loại tẩy làm nó bị mờ hay xám, đen..., không có lợi. Vì vậy cũng không nên lạm dụng tẩy anot quá lâu, nhất là đối với các kim loại dễ bị oxy hóa như sắt, thép thường, đồng...

Có thể tẩy liên hoàn: phân cực catot vài ba phút rồi phân cực anot một, hai phút. Hoặc phân cực catot – phân cực anot – phân cực catot... Thời gian tẩy không nên quá lâu và cần phân phối cho phù hợp để vật tẩy xong vừa sạch, vừa không bị giòn, không bị xám đen. Khi tẩy liên hoàn có thể treo vật tẩy lên cả hai cực (không cần cực thép lá nữa) và có thể dùng dòng điện xoay chiều điện thế thấp (6 – 12 V) để tẩy (lúc đó không phải chú ý đến động tác đổi cực nữa).

Bảng 3.2 giới thiệu một số dung dịch và chế độ tẩy dầu mỡ điện hóa. Hiện nay trên thị trường có bán chất tẩy rửa tổng hợp Udyprep 220 EC có thể tẩy cho thép, đồng, hợp kim đồng trên anot hay catot trong 2 – 4 ph ở 5 – 10 A/dm^2 tại nhiệt độ khá thấp: 40 – 70 °C.

Tẩy dầu mỡ điện hóa có hiệu quả tốt đối với các vật tẩy có hình dạng đơn giản.

Vật tẩy có hình dạng phức tạp, nhiều ngóc ngách, khe khuất... không nên tẩy điện hoá.

Độ dẫn điện của các chất điện giải giảm theo thứ tự sau:



$$NaOH > Na_2SiO_3 > Na_2CO_3 > Na_3PO_4$$

Khả năng nhũ hóa của các chất tăng theo thứ tự sau:



$$NaOH < Na_2CO_3 < Na_3PO_4 < Na_2SiO_3$$

3.2. TẨY GỈ

Tẩy gỉ bằng phương pháp hóa học và điện hóa được tiến hành khi bề mặt đã được tẩy sạch dầu mỡ nhằm lấy đi lớp gỉ dày (nhìn thấy) hay lớp oxit mỏng (không nhìn thấy bằng mắt thường). Dung dịch tẩy là các axit sunfuric, axit clohydric... có thêm các chất ức chế hữu cơ để hạn chế hòa tan kim loại nền và giảm hydro thoát ra, tránh cho kim loại bị giòn.

Tẩy gỉ hóa học

Tẩy gỉ hóa học cho thép và gang: bảng 3.3 giới thiệu một số dung dịch dùng cho mục đích này.

Tẩy gỉ cho các ống thép trong dung dịch HCl 20% + 0,8% chất ức chế.

Tẩy gỉ cho thành nồi hơi bằng dung dịch gồm: 600 – 650 g HCl (*d* = 1,19), 10 g chất ức chế, 5 ml rượu izoamilic, 390 – 400 ml nước.

Bảng 3.3. Dung dịch tẩy gỉ hóa học cho thép và gang

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ tẩy	*Gang đúc*	*Dây thép*	*Dung dịch tẩy thép*				
			Tấm	*Bị gỉ*	*Bị oxy hoá*	*Thường*	*Tẩy thô*
H_2SO_4	–	–	50 – 70	270	180	–	120
HCl	–	100 – 150	–	100	100	150 – 350	–
H_3PO_4	120 – 160	–	–	–	–	–	–
Chất ức chế 1	–	–	–	2	–	–	0,8 – 1,0
Chất ức chế 2	–	30	–	–	5	–	8 – 10
Urotropin	–	–	–	–	–	40 – 50	–
Nhiệt độ, °C	60 – 70	40 – 60	40 – 60	30 – 40	30 – 40	15 – 45	60 – 80
Thời gian tẩy	Đến hết	Đến hết	Đến hết	Đến hết	Đến hết	Đến hết	Đến hết

Vật tẩy quá to dùng kem tẩy gỉ sau đây trát lên bề mặt, để yên 1 – 6 h, sau đó cậy và rửa sạch:

H_2SO_4 (*d* = 1,84)	29 ml
H_3PO_4 (*d* = 1,70)	46 ml
HCl (*d* = 1,19)	356 ml

Urotropin	6 g
Kiềm xenlulo sunfit (*d* = 1,22)	50 ml
Đất sét	400 g
Nước	590 ml

Tẩy gỉ, oxit hóa học cho thép không gỉ: bảng 3.4 giới thiệu một số dung dịch *tẩy gỉ, oxit hóa học cho thép không gỉ.*

Bảng 3.4. Một số dung dịch tẩy hóa học thép không gỉ

Thành phần (g/l) và chế độ tẩy	*Dung dịch tẩy*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
H_2SO_4	230	–	–		–	350 – 450
HCl	270	450	–	–	90 – 100	70 – 90
HNO_3	–	50 – 100	50 – 100	220 – 240	–	70 – 90
HF	–	–	15 – 50	–	–	–
NaF	–	–	–	20 – 25	–	–
NaCl	–	–	–	20 – 25	–	–
Chất ức chế	1	1	–	–	–	–
Nhiệt độ, °C	40 – 50	40 – 50	15 – 30	15 – 30	40 – 45	40 – 45
Thời gian, ph	3 – 5	3 – 5	~ 60	~ 60	10 – 15	1 – 2
Tác dụng	Tẩy sơ bộ	Tẩy đến sáng	Tẩy thép Cr – Ni	Tẩy thép CrNiMo	Tẩy thép Cr	Tẩy thép Cr

Tẩy gỉ hóa học cho kim loại màu và hợp kim của chúng bằng cách nhúng vật tẩy nhiều lần vào dung dịch tẩy, sau mỗi lần nhúng đều phải rửa cẩn thận và nhanh trong nước lạnh. Bảng 3.5 liệt kê một số dung dịch tẩy gỉ hóa học cho một vài kim loại màu.

Tẩy gỉ cho kẽm bằng phương pháp hóa học từ dung dịch gồm: 100 ml HCl (*d* = 1,19) + 20 ml chất ức chế + 850 ml nước.

Tẩy gỉ cho kền và hợp kim kền bằng dung dịch H_2SO_4 20% có thêm 2 – 3% CrO_3 hay $Fe_2(SO_4)_3$, tẩy ở 60 – 80 °C.

Đồng hay hợp kim đồng sau khi tẩy bị mờ đi thì xử lý bằng một trong các dung dịch sau:

a/ 300 g HNO_3, 200g H_2SO_4, 1,5 g NaCl, 1 – 1,5 g $ZnSO_4$, 1 lít nước.

b/ 100 g $K_2Cr_2O_7$, 60 g H_2SO_4, 1 g NaCl, 1 lít nước.

Bảng 3.5. Dung dịch tẩy gỉ hóa học cho kim loại màu

Thành phần dung dịch	*Tẩy đồng và hợp kim đồng*						*Tẩy Al, Sn*	*Tẩy Pb*
	Tẩy sơ bộ			*Tẩy bóng*				
	mg	*g/l*	*ml*	*g/l*	*g/l*	*g/l*	*g/l*	*g/l*
HNO_3 *d* = 1,40	1000	100	750	750	100	600	–	100
HCl *d* = 1,19	10	5	–	–	2,5	2,5	50 – 100	–
HF *d* = 1,14	–	–	1000	–	–	500	–	–
H_2SO_4 *d* = 1,84	–	700	–	1000	800	–	–	–
NaCl	–	–	15 – 25	30 – 35	–	–	–	–
Muội axetylen	–	–	–	20 – 30	–	–	–	–
$ZnSO_4$	–	–	–	–	–	350	–	–
$NaNO_3$	–	–	–	–	–	65	–	–
Nhiệt độ, °C	Phòng	Phòng	Phòng	40 – 50	40 – 50	40 – 50	Phòng	25
Thời gian	Đến sạch	Đến sạch	Đến sạch	1 ph	< 1 ph	< 1 ph	< 1 ph	1 ph

Tẩy gỉ điện hóa

Tẩy gỉ điện hóa tiến hành trong trong các dung dịch xâm thực, vật tẩy được mắc thành điện cực catot hay anot. Tốc độ tẩy thường nhanh hơn tẩy hóa học.

Tẩy catot, ngoài tác dụng xâm thực của dung dịch lên gỉ còn có hydro thoát ra làm bong gỉ khỏi bề mặt hoặc khử lớp oxit mỏng thành kim loại. Anot bằng chì hay hợp kim Pb – (6 – 10%) Sb. Cũng có thể dùng anot bằng gang silic (có 20 – 24% Si).

Bảng 3.6. Dung dịch tẩy gỉ anot cho sắt thép

Thành phần dung dịch	*Vật tẩy phẳng không gỉ*		*Vật đã mài thô*	*Tẩy băng thép*	*Tẩy dây thép*
	1	*2*			
H_2SO_4 (1,84)	200 – 250	150 – 200	10 – 20	–	150
HCl (1,19)	–	–	–	30 – 50	–
NaCl	–	30 – 50	–	–	50
$Fe_2(SO_4)_3$	–	–	200 – 300	–	–
i_a, A/dm²	5 – 10	5 – 10	5 – 10	≥ 50	100 – 200
Nhiệt độ, °C	30 – 60	30 – 60	30 – 60	30 – 60	30 – 60
Thời gian, ph	Đến hết gỉ	15 – 30	Đến hết gỉ		

Tẩy anot, ngoài việc kim loại bị hòa tan điện hóa còn có oxy thoát ra làm gỉ tách khỏi bề mặt kim loại. Catot bằng chì, đồng, sắt... Tẩy gỉ anot dùng phổ biến hơn tẩy gỉ catot. Thành phần dung dịch tẩy gỉ anot cho sắt thép kê trong bảng 3.6.

Cần tuân thủ đúng các điều kiện kỹ thuật để tránh ăn mòn không đều hoặc tẩy quá, nhất là đối với vật có hình dạng phức tạp, bề mặt có gỉ bền chắc. Tẩy gỉ catot không bị tẩy quá, ăn mòn đều hơn, nhưng lâu và kim loại tẩy dễ bị giòn.

Vật tẩy có hình dạng phức tạp lại có lớp gỉ bền chắc phải tẩy theo quy trình sau:

– Tẩy dầu mỡ anot trong dung dịch 1, bảng 3.7.

Bảng 3.7. Các dung dịch dùng cho quy trình tẩy đặc biệt

Thành phần dung dịch	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*	*Dung dịch 3*
NaOH	85 g/l	–	85 g/l
Na_3PO_4	30 g/l	–	30 g/l
H_2SO_4	–	50 g/l	–
HCl	–	30 g/l	–
NaCl	–	28 g/l	–
Anot	Vật tẩy	S_a gồm 80 – 90% gang silic + 10 – 20% chì	Vật tẩy
Catot	Thép tấm	Vật tẩy	Thép tấm
Nhiệt độ, °C	80	60 – 70	50 – 60
Mật độ dòng, A/dm²	7	7 – 10	5 – 7
Thời gian, ph	10 – 15	10 – 15	8 – 12

– Tẩy gỉ catot trong dung dịch 2, bảng 3.7. Phần bề mặt nào đã được tẩy sạch gỉ liền bị chì bám lên bảo vệ cho nền sắt thép không bị ăn mòn tiếp, nên không bị thấm hydro, không bị giòn.

– Tẩy lớp chì sinh ra ở trên bằng dung dịch 3, bảng 3.7.

Sau mỗi khâu phải rửa sạch, cọ bằng bàn chải (nếu cần).

Tẩy gỉ cho thép nhiều cacbon tiến hành theo hai bước:

– Tẩy gỉ trong dung dịch gồm H_2SO_4 10 – 15%, NaCl 20 – 25%, có thêm chất ức chế, nhiệt độ 50 – 55 °C.

– Tẩy anot trong dung dịch NaOH 5 – 10%, nhiệt độ phòng, i_a = 5 – 7 A/dm², thời gian 5 ph.

Bóc lớp mùn đen trên bề mặt sau tẩy gỉ

– *Thép cacbon* dùng dung dịch (g/l): HNO_3 60 – 70 + H_2SO_4 80 – 100; tẩy ở nhiệt độ phòng trong 3 – 5 s.

– *Thép cacbon thấp và trung bình* dùng dung dịch (g/l): H_2SO_4 15 – 30 + CrO_3 70 – 120 + NaCl 3 – 5; tẩy ở nhiệt độ phòng trong 5 – 10 ph.

– *Thép không gỉ* dùng dung dịch (g/l): HNO_3 350 – 400 + HF 4 – 5; tẩy ở nhiệt độ phòng trong 1 – 20 ph.

– *Các loại thép khác* tẩy điện hóa trong dung dịch (g/l): NaOH 50 – 100, tẩy ở 60 – 80 °C trong 1 – 3 ph với mật độ dòng anot i_a 5 – 10 A/dm²; catot thép.

3.3. TẨY NHẸ

Bảng 3.8. Dung dịch và chế độ tẩy nhẹ

Thành phần, %	*Tẩy thép*			*Tẩy Cu, hợp kim Cu*		*Tẩy Zn*		*Tẩy Al*		*Tẩy Pb*	
	1	*2*	*3*	*1*	*2*	*1*	*2*	*1*	*2*	*1*	*2*
H_2SO_4 1,84	–	10	3 – 5	7 – 8	–	–	3 – 5	–	–	–	–
HCl 1,19	3 – 5	5	–	–	–	–	–	3 – 5	–	–	–
NaOH	–	–	–	–	–	3 – 5	–	–	5 – 9	–	–
NaCN	–	–	–	–	3 – 4	–	–	–	–	–	3 – 4
HNO_3 1,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3 – 5	–
Na_2CO_3	–	–	–	–	2 – 3	–	–	–	–	–	2 – 3
Nhiệt độ, °C	25	25	25	25	25	60	25	25	25	60	25
i, A/dm²	–	7 – 10	–	–	3 – 5	–	–	–	–	–	–

Tẩy nhẹ bằng phương pháp hóa học hay điện hóa trong các dung dịch và chế độ tẩy kê ở bảng 3.8. Thời gian tẩy nhẹ < 1 ph.

3.4. TẨY BÓNG HÓA HỌC VÀ ĐIỆN HÓA

Tẩy bóng hóa học hay điện hóa thường tiến hành sau khâu đánh bóng cơ học (mới đạt đến ≥ ∇ 7) để tăng thêm độ bóng cao hơn nữa. Thường áp dụng tẩy bóng hóa học hay điện hóa cho các vật làm bằng nhôm, kền, đồng, hợp kim đồng, thép không gỉ, thép cacbon và những dụng cụ cơ khí chính xác, dụng cụ cắt gọt, dụng cụ mổ xẻ trong y tế…

Tẩy bóng hóa học

Thành phần dung dịch và chế độ tẩy bóng hóa học cho trong các bảng 3.9a và 3.9b.

Bảng 3.9a. Dung dịch và chế độ tẩy bóng hóa học nhôm

Thành phần và chế độ	*Dung dịch*				
	1 *ml*	*2* *ml*	*3* *gam*	*4* *% trọng lượng*	*5* *% trọng lượng*
H_3PO_4	650	800	–	70	90
HNO_3	150	50	–	–	4,5
H_2SO_4	200	–	–	22	–
Urê	10g	–	–	–	–
CH_3COOH	–	150	–	–	–
NaOH	–	–	450	–	–
$NaNO_3$	–	–	450	–	–
$NaNO_2$	–	–	250	–	–
Na_3PO_4	–	–	200	–	–
$Cu(NO_3)_2$	–	–	3	–	–
Nước	–	–	150 ml	–	–
H_3BO_3	–	–	–	8	–
$Ni(NO_3)_2$	–	–	–	–	0,5
Nhiệt độ, ^0C	100 – 110	100 – 110	130 – 140	90 – 95	90 – 95
Thời gian, ph	0,5 – 2	0,2 – 1	0,5 – 2	3 – 8	

Bảng 3.9b. Tẩy bóng hóa học cho các kim loại

Kim loại tẩy bóng	*Thành phần dung dịch*		*Chế độ tẩy bóng*	
			Nhiệt độ, ^0C	*Thời gian, ph*
Đồng và thau	H_3PO_4 HNO_3 CH_3COOH HCl	550 ml 200 ml 250 ml 5 ml	55 – 80	2 – 6
Kền	H_3PO_4 HNO_3 H_2SO_4 CH_3COOH	100 ml 300 ml 100 ml 500 ml	85 – 95	0,5 – 2
Kẽm, Cađimi	CrO_3 H_2SO_4 Nước	100 – 150 g 1,7 – 3,8 g 1 lít	20 – 30	0,2 – 1

Kẽm	CrO_3 120 g CH_3COONa 60 g $Al(NO_3)_3$ 10 g HNO_3 100 ml H_2SO_4 30 ml Nước 1 lít	40 – 50	0,1 – 0,5
Thép	$H_2C_2O_4$ axit oxalic 25 g H_2O_2 nước oxy già 13 g H_2SO_4 0,1 g Nước 1 lít	20 – 30	30 – 60
Thép	H_3PO_4 1000 g H_2SO_4 600 g HNO_3 400 g Nước 129 g	77 – 120	5 – 10
Bạc	NaCN 21 g H_2O_2 (30%) 78 g Nước 1 lít	30 – 32	0,1 – 0,2
Magie	CrO_3 160 g $Ca(NO_3)_2$ 40 g MgF_2 2 g Nước 800 ml	68 – 86	0,5 – 3
Tantan	H_2SO_4 50 ml HNO_3 20 ml HF (40%) 20 ml	20 – 25	0,1 – 0,2

Tẩy bóng điện hóa cho thép

Tẩy bóng thép dùng dung dịch có chứa H_3PO_4, H_2SO_4, CrO_3 cho khả năng phân bố lớn, độ bóng cao. Thành phần dung dịch và chế độ tẩy bóng thép như sau:

H_3PO_4 (d = 1,7)	65% trọng lượng
H_2SO_4 (d = 1,84)	15% trọng lượng
CrO_3	6% trọng lượng
Nước	14% trọng lượng
Tỷ trọng dung dịch ở 20 °C	1,7 – 1,74
Mật độ dòng điện anot	35 – 80 A/dm^2
Nhiệt độ dung dịch	70 – 80 °C
Thời gian tẩy bóng	5 – 10 ph
Catot	Chì

Pha chế dung dịch: hòa tan CrO_3 trong nước, thêm H_3PO_4 từ từ, khuấy đều, thêm H_2SO_4 từ từ, khuấy đều. Đun dung dịch đến 115 – 120 °C, để nguội và đo tỷ trọng, nếu tỷ trọng không đạt 1,7 – 1,74 phải đun lại cho bay thêm hơi nước đi. Sau đó điện phân với i_a = 20 – 30 A/dm^2 cho đến khi đạt 5 – 6 Ah/lít là có thể sử dụng được.

Làm việc lâu, hàm lượng Cr_2O_3 tăng dần, khi lên quá 1,5% (tức là hơn 20 g/l) phải khử bớt đi bằng cách oxy hóa Cr_2O_3 thành CrO_3 trên anot, tức phải điện phân với chế độ: i_a = 4 – 5 A/dm^2, điện thế bể 10 – 12 V, nhiệt độ dung dịch 20 – 40 °C, anot và catot đều bằng chì. Làm việc lâu, nồng độ Fe^{2+} cũng tăng dần, khi nồng độ $FeSO_4$ trên 70 g/l phải khử bớt hoặc thay mới dung dịch.

Tẩy bóng điện hóa cho thép không gỉ được kê trong bảng 3.10.

Bảng 3.10. Tẩy bóng điện hóa thép không gỉ

Thành phần và chế độ tẩy	*Dung dịch tẩy thép không gỉ*			
	1 (% trọng lượng)	*2 (% trọng lượng)*	*3 (% thể tích)*	*4 (% thể tích)*
H_3PO_4 (1,7)	65	40	–	42
H_2SO_4 (1,84)	15	40	25	–
CrO_3	5	3	–	–
$Na_2Cr_2O_7$	–	–	60 g/l	–
Glyxerin (1,25)	12	–	–	48
Nước	3	17	74	10
Tỷ trọng dung dịch	–	1,65	–	–
Nhiệt độ tẩy, °C	45 – 76	80 – 90	70 – 90	100
Điện thế bể, V	4,5 – 6	–	–	–
i_a, A/dm^2	6 – 7	40 – 80	0,03 – 0,1	10
Thời gian tẩy, ph	đến khi bóng	5 – 10	6 – 40	5

Dung dịch 1 tẩy bóng cho thép CrNi và CrNiMo. Pha dung dịch này như sau: rót H_3PO_4 vào H_2SO_4 (tổng lượng hỗn hợp này không quá 2/3 thể tích bể), thêm CrO_3, nhỏ từng giọt glyxerin vào và khuấy đều cho đến khi hỗn hợp chuyển thành màu xanh lục thì rót cả phần glyxerin còn lại vào, thêm nước.

Dung dịch 3 có thể vừa tẩy bóng vừa đồng thời nhuộm thép thành các màu sắc khác nhau.

Bảng 3.11. Tẩy bóng điện hóa kền và lớp mạ kền

Thành phần dung dịch và chế độ tẩy	*Dung dịch tẩy bóng*	
	1 (g/l)	*2 (% trọng lượng)*
H_3PO_4 (1,7)	120 – 150	–
H_2SO_4 (1,84)	1200	68,7
$H_3C_6H_5O_7$ (axit limonic)	15 – 20	–
Tỷ trọng dung dịch	1,65	1,6
Nhiệt độ, °C	20 – 30	20 – 25
i_a, A/dm^2	30 – 50	40 – 50
Thời gian, s	20 – 30	40 – 60
Catot	Kền hay chì	Kền

Bảng 3.12. Tẩy bóng điện hóa đồng và hợp kim đồng

Thành phần dung dịch và chế độ tẩy	*Dung dịch tẩy*	
	1	*2*
H_3PO_4	Cô đặc đến d = 1,87	1200 g/l
CrO_3	–	120 g/l
Tỷ trọng dung dịch tẩy	1,87	1,6 – 1,61
Nhiệt độ, °C	18 – 25	20 – 30
i_a, A/dm^2		
– Đối với đồng	1,6	35 – 50
– Đối với hợp kim đồng	0,8 – 1	35 – 50
Thời gian, ph	10 – 20	0,5 – 2
Catot		Chì
Tỷ lệ diện tích cực S_a/S_c		1/2 – 1/3

Bảng 3.13. Tẩy bóng điện hóa nhôm

Thành phần dung dịch, % trọng lượng	*Chế độ tẩy bóng*			
	i_a, A/dm^2	*Điện thế bể, V*	*Nhiệt độ, °C*	*Thời gian, ph*
Na_3PO_4 5% Na_2CO_3 15% H_2O 80%	3 – 6	12 – 15	85 – 90	5 – 8
Na_3PO_4 15% $AlK(SO_4)_2.12H_2O$ 5% NaOH 2% H_2O 78%	2 – 4	12 – 15	70 – 90	8 – 10
HBF_4 1,25% H_2O 98,75%	1,5 – 3	20 – 30	30 – 32	10 – 20
H_3PO_4 45% H_2SO_4 35% CrO_3 4% H_2O 16%	25 – 35	12 – 15	70 – 80	2 – 5
H_3PO_4 43% H_2SO_4 43% CrO_3 3% H_2O 11%	30 – 50	12 – 15	70 – 80	2 – 5

Chế HBF_4 bằng cách cho axit boric H_3BO_3 từ từ vào axit flohydric HF trong bình nhựa, khuấy đều và làm lạnh (xem mục 5.1.1), sau đó pha chế thành dung dịch.

Tẩy bóng trong các dung dịch có Na_3PO_4 cho bề mặt nhôm dễ bị ăn mòn. Muốn tăng độ bền chống ăn mòn phải oxy hóa tiếp bề mặt nhôm, nhưng như vậy lại làm giảm độ bóng bề mặt nhôm. Để độ bóng ít bị giảm nên oxy hóa trong dung dịch sau:

$NaHSO_3$ (natri bisunfit)	15 – 30%
i_a	0,5 A/dm^2
Điện thế bể	8 – 12 V
Nhiệt độ dung dịch	30 – 40 °C
Thời gian oxy hoá	10 – 15 ph

Nếu oxy hóa trong dung dịch sau thì độ bóng giảm nhiều hơn:

H_2SO_4	10 – 15%
i_a	0,8 – 1 A/dm^2
Điện thế bể	12 –15 V
Nhiệt độ dung dịch	18 – 23 °C
Thời gian oxy hóa	5 – 10 ph

Oxy hóa xong, rửa sạch, luộc trong nước cất ở 90 – 100 °C khoảng 15 – 20 ph để bịt các lỗ xốp của màng oxit, tăng thêm tính bảo vệ cho chúng. Độ bền ăn mòn của màng oxy hóa từ dung dịch H_2SO_4 tốt hơn từ dung dịch $NaHSO_3$.

Tẩy bóng điện hóa nhôm trong các dung dịch có chứa H_3PO_4, H_2SO_4, CrO_3 không cần phải oxy hóa tiếp vì dung dịch tẩy này vốn đã cho bề mặt có độ bền ăn mòn cao rồi.

Bảng 3.14. Tẩy bóng điện hóa cho bạc

Thành phần dung dịch, g/l	*Dung dịch tẩy bóng*		
	1	*2*	*3*
AgCN	20	35	–
KCN tự do	30	38	25
H_2CO_3	–	37	–
$Na_2S_2O_3.5H_2O$	–	–	1 – 3
i_a, A/dm^2	1 – 1,2	2 – 5	2 – 10
Điện thế bể, V	1,2 – 1,3	–	–
Nhiệt độ, °C	20 – 25	phòng	20 – 25
Thời gian tẩy, ph	2 – 3	2 – 3	5 – 15
Catot	bạc	Pb, CrNi, grafit, khuấy dung dịch	

Pha chế dung dịch 1: Để pha 1 lít dung dịch 1 cần hòa tan 25 g $AgNO_3$ trong nước cất, thêm 100 ml dung dịch KCN 10%, được kết tủa AgCN. Lọc và rửa kết tủa này trên thiết bị lọc cho đến hết ion NO_3^-. Hòa tan kết tủa này bằng 300 ml KCN 10%, thêm nước đến 1 lít. Dung dịch 1 này có thể dùng làm dung dịch mạ với i_c = 0,1 – 0,2 A/dm^2.

3.5. TẨY MỜ HÓA HỌC VÀ ĐIỆN HÓA

Tẩy mờ bề mặt chủ yếu dùng cho đồng, nhôm và các hợp kim của chúng.

Tẩy mờ cho Cu và hợp kim Cu tiến hành trong các dung dịch sau:

Dung dịch 1:	HNO_3	1000 g/l
	HCl	100 g/l
Dung dịch 2:	$K_2Cr_2O_7$	200 g/l
	H_2SO_4	60 g/l

Dung dịch 3:	HNO_3	600 g/l
	H_2SO_4	60 g/l
	$ZnSO_4.7H_2O$	60 g/l

Tẩy ở nhiệt độ phòng.

Pha chế dung dịch 3: hòa tan kẽm sunfat vào axit nitric cho tan hết rồi mới thêm axit sunfuric vào.

Tẩy mờ cho các vật bằng đồng thau để lộ rõ cấu trúc kim loại được tiến hành trong dung dịch:

$FeCl_3.6H_2O$	150 – 200g/l
HCl	30 g/l
Nhiệt độ	30 – 40 °C

Trước khi tẩy mờ cần tẩy sơ bộ trong hỗn hợp H_2SO_4 và HNO_3 (1:1).

Tẩy mờ cho Cu và hợp kim Cu cũng có thể dùng dung dịch sau:

HNO_3	100 g/l
H_2SO_4	100 g/l
$ZnSO_4.7H_2O$	5 g/l
NH_4Cl	5 g/l
Lưu huỳnh hoa	5 g/l
Muội đèn	5 g/l
Nhiệt độ	45 – 50 °C

Thoạt tiên hòa tan kẽm sunfat vào axit nitric, thêm từ từ axit sunfuric và khuấy đều, sau đó thêm các chất còn lại. Tăng hàm lượng axit sunfuric bề mặt tẩy lộ rõ tinh thể thô. Tăng hàm lượng axit nitric cho bề mặt lộ rõ tinh thể nhỏ. Sau khi tẩy mờ, rửa, có thể tẩy bóng tiếp để được bề mặt óng ánh.

Tẩy mờ điện hóa trên anot cho Cu và hợp kim Cu trong dung dịch:

H_2SO_4	50 g/l
HCl	30 g/l
NaCl	2 g/l
i_a	7,5 – 10 A/dm^2
Nhiệt độ	50 – 70 °C
Catot	Gang silic

Tẩy mờ cho Al và hợp kim Al tiến hành một trong các dung dịch sau:

Dung dịch 1:	H_2SO_4	3 – 5%
	HNO_3	5%
	Nhiệt độ	75 – 80 °C
	Thời gian	2 – 10 ph

Dung dịch 2:	NH_4F	30 g/l
	H_2SO_4 d = 1,84	30 ml/l
	Nhiệt độ	Phòng
	Thời gian	15 – 20 ph

Tăng nhiệt độ lên 40 – 50 °C tẩy sẽ nhanh hơn (5 – 10 ph)

Dung dịch 3:	NaOH	10%
	NaCl	Đến bão hòa

3.6. RỬA

Yêu cầu về rửa

Sau mỗi khâu tẩy, mạ..., phải rửa cẩn thận để tránh dung dịch từ bể này lẫn sang bể khác gây nên các sự cố, giảm chất lượng...

Nước phải có độ cứng thấp (xem mục 19.1) và phải thay mới liên tục. Rửa tĩnh nên cấp nước sạch vào từ phía dưới và nước bẩn tràn ra khỏi bể rửa từ phía trên. Tốc độ thay nước trong bể từ 1 đến 3 thể tích trong một giờ. Thời gian rửa từ 1 – 3 ph.

Vật bằng gang đúc sau khi tẩy gỉ cần rửa lâu và kỹ hơn, có thể sục khí nén vào bể rửa, hoặc phun nước... để cải thiện chất lượng rửa.

Sau mạ Cr, mạ trong xyanua... phải rửa thu hồi trước (để xử lý riêng) rồi mới rửa sạch. Sau mạ Ag, Au, Pt... phải rửa thu hồi trong ba bể liên tiếp (để tận thu lại kim loại quý hiếm) trước khi rửa sạch...

Vật sau khi tẩy bóng, sau khi mạ phải rửa bằng nước mềm, nước cất hay nước đã qua trao đổi ion (xem mục 19.1).

Tẩy dầu mỡ xong tốt nhất là rửa nước nóng trước rồi mới rửa nước lạnh.

Sau khi tẩy nhẹ không được rửa nước nóng, vì bề mặt mau khô, tiếp xúc với oxy không khí sẽ bị oxy hoá, nhất là lúc vật còn nóng.

Sau khi mạ xong phải trung hòa trong Na_2CO_3 5 – 10% (nếu cần), rửa trong nước lạnh chảy rồi nước nóng để dễ sấy khô. Nước rửa không được chứa axit hay muối quá 0,2%; có thể cho vào nước rửa chất thụ động nào đó.

Vật chuẩn bị xong chưa kịp mạ ngay phải ngâm vào dung dịch Na_2CO_3 3 – 5% có thêm một ít NH_3OH. Cũng có thể thay bằng nước vôi trong để ngâm chờ. Trước khi dùng phải rửa, tẩy nhẹ, rửa lại, rồi mới mạ.

Phương pháp rửa

Rửa nhúng trong thùng tĩnh có ưu điểm: nước rửa nhanh chóng tiếp xúc với toàn bộ vật rửa và hòa loãng chất bẩn vào nước rửa. Khuấy, sục khí, di động vật rửa... làm tăng hiệu quả rửa lên nhiều lần và thời gian rửa rút ngắn được hàng chục lần, nhưng tốn nhiều nước rửa và độ sạch không cao.

Rửa phun dưới vòi nước, dàn mưa, súng phun nước có ưu điểm là nhanh, triệt để nhưng dễ bị bỏ sót các chỗ khuất.

Kết hợp cả hai cách: rửa tĩnh trước, rửa phun sau sẽ đạt hiệu quả rất tốt.

Chọn cách rửa thích hợp cho từng khâu trong dây chuyền công nghệ phải xét đến các yếu tố sau:

– Thành phần và nồng độ dung dịch bám trên vật chưa rửa;
– Lượng dung dịch bám trên một đơn vị bề mặt cần rửa;
– Nồng độ giới hạn của tạp chất chính cho phép bám trên bề mặt sau rửa (độ sạch);
– Chọn cách rửa, số bể (lần) rửa, bố trí bể rửa;
– Lượng nước tiêu tồn cần thiết cho quá trình rửa.

Rửa tĩnh một bể: dùng sau tẩy dầu mỡ, tẩy gỉ, tẩy nhẹ. Nước cấp vào bể rửa và chảy tràn ra liên tục. Độ sạch sau rửa không cao, tổng tạp chất còn sót lại trong nước bám trên bề mặt đã rửa có thể lên đến 2 g/l hoặc hơn. Lượng nước tiêu tốn lớn và phụ thuộc vào yêu cầu về độ sạch, chúng được tính như sau:

$$Q = q.\, C_o / C \quad , \qquad \text{lít/ m}^2 \qquad (3.1)$$

trong đó: Q – lượng nước tiêu tốn để rửa 1 m^2 bề mặt, lít;

q – lượng dung dịch bám trên 1 m^2 bề mặt, lít (bảng 3.15);

C_o – nồng độ dung dịch bám trên bề mặt chưa rửa, g/l;

C – nồng độ tạp chất cho phép trong nước bám trên vật sau rửa, g/l. Nồng độ này tùy thuộc yêu cầu của bể sẽ nhúng tiếp vật gia công vào sau khi rửa (bảng 3.16).

Rửa tĩnh hai bể độc lập: Nước sạch cấp liên tục vào hai bể và chảy tràn ra ngoài, vật rửa lần lượt rửa trong cả hai bể. Cách này dùng để rửa nóng hay rửa lạnh cho vật sau tẩy dầu mỡ, hay rửa lần cuối cho lớp mạ kim loại quý. Lượng nước tiêu thụ tính theo công thức (3.2):

$$Q = 2qC_o^{1/2}.C^{-1/2} \quad , \qquad \text{lít/m}^2 \qquad (3.2)$$

Ký hiệu và đơn vị như công thức (3.1).

Rửa ngược dòng: Nước rửa cấp vào bể 1, chảy tràn sang bể 2, rồi tràn sang bể 3... kết cấu liên tiếp cạnh nhau; vật rửa theo thứ tự từ bể 3 rồi sang bể 2, cuối cùng là bể 1. Cách này dùng rửa nước lạnh hay nước nóng, nếu rửa nóng thì nhiệt độ nước bể 1 phải 80 – 90 °C. Tiêu tốn nước theo cách này rất ít:

$$Q = q(C_o/C)^{1/N} \quad , \qquad \text{lít/m}^2 \qquad (3.3)$$

trong đó: N – số bể (số lần) rửa liên tiếp;

các ký hiệu và đơn vị như ở (3.1).

Bảng 3.15. Lượng dung dịch q bám theo bề mặt (lít/m^2)

Mức độ dễ rửa sạch	*Mạ treo, chờ ráo 5s*	*Mạ quay, chờ ráo 15 s*	*Vớt từ bể xâm thực ra (tùy)*
Dễ rửa sạch	0,1 lít/m^2	0,2 lít/m^2	–
Trung bình	0,2 –	0,4 –	–
Khó rửa sạch	0,4 –	0,6 –	0,7 lít/m^2

Bảng 3.16. Nồng độ tạp chất cho phép trong nước rửa lần cuối

Tạp chất trong dung dịch bám theo vật trước rửa	*Sau khi rửa vật sẽ được gia công tiếp trong*	*Nồng độ tạp chất trong nước rửa lần cuối C, g/l*
Tổng lượng kiềm (tính ra NaOH)	Dung dịch kiềm Dung dịch axit hay xyanua Anot hóa Al, hợp kim Al	0,8 0,1 0,05
Chất màu (khi nhuộm kim loại)	Rửa hoặc Sấy	0,005
Axit (tính ra H_2SO_4)	Dung dịch axit Dung dịch kiềm Dung dịch xyanua Bịt lỗ xốp, thấm ướt, sấy	0,1 0,05 0,01 0,01
Muối kim loại quý (tính ra kim loại)	Sấy	0,001
– $CN^-_{tổng}$, Sn^{2+}, Sn^{4+}, Zn^{2+}, Cr^{6+}, Pb^{2+} – CNS^-, Cd^{2+},	Rửa giữa các bước gia công hoặc sấy Như trên	0,01 0,015
Cu^{2+}, Cu^+	Mạ kền Sấy	0,002 0,01
Ni^{2+}	Mạ đồng Sấy hoặc mạ crom	0,02 0,01
Fe^{2+}	Sấy	0,3

Rửa tận dụng: Chỉ dùng cho hai bể gia công có tính chất gần giống nhau và cần rửa mỗi khi đưa vật ra khỏi bể gia công, ví dụ, vật cần tẩy dầu mỡ hóa học rồi sau đó tẩy dầu mỡ điện hóa thì cách bố trí như sau:

1 – Tẩy dầu hóa học;

2 – Rửa;

3 – Tẩy dầu điện hoá;

4 – Rửa.

Khi đó chỉ cấp nước sạch vào bể rửa 4, nước rửa chảy từ bể 4 ra được dẫn bằng ống nhựa cấp cho bể rửa 2 rồi chảy tràn ra ngoài.

3.7. CHỌN QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ GIA CÔNG BỀ MẶT

Quy trình công nghệ mạ thường gồm ba phần chính sau:

1. Chuẩn bị bề mặt trước khi mạ: mài, đánh bóng, tẩy dầu mỡ, tẩy gỉ...
2. Mạ: một hay nhiều lớp mạ chồng lên nhau.
3. Hoàn thiện: thụ động, trung hòa, sấy, ủ nhiệt...

Phần 1 thường dài, qua nhiều bước gia công khác nhau, dùng các phương pháp xử lý khác nhau nên khá tốn kém. Chọn đúng quy trình cho phần này có tác dụng kinh tế – kỹ thuật lớn đối với toàn bộ xưởng mạ. Bảng 3.15 gợi ý cho cách chọn lựa này được đúng đắn hơn.

Phần 2 có ý nghĩa quyết định đến chất lượng sản phẩm mạ. Căn cứ vào vật liệu nền, vào điều kiện làm việc sau này của vật mạ, vào yêu cầu về thẩm mỹ và thời hạn phục vụ của sản phẩm mà quyết định chọn chủng loại lớp mạ, cần mạ mấy lớp, chiều dày của mỗi lớp, phương pháp mạ mỗi lớp và các dung dịch mạ tương ứng. Chương 4 giúp ích rất nhiều cho việc chọn lựa và quyết định những vấn đề trên.

Phần 3 cũng đóng góp đáng kể vào việc nâng cao thêm chất lượng lớp mạ về mặt độ bền và thẩm mỹ hàng hóa. Tham khảo các chương từ 5 đến 10 sẽ tìm thấy lời giải đáp cho vấn đề này.

Tiếp đến là lập một quy trình công nghệ (xem chương 11) cho các mặt hàng cần mạ. Nếu có nhu cầu thiết kế xây dựng xưởng mạ mới còn phải lựa chọn thiết bị, nhà xưởng, vật tư... Các chương từ 13 đến 18 sẽ giúp ta thực hiện nhiệm vụ đó.

Bảng 3.15. Quy trình gia công bề mặt trước khi mạ, phủ

Kim loại nền	*Tình trạng bề mặt*	*Rửa*	*Tẩy dung môi*	*Tẩy dầu hóa học*	*Tẩy dầu điện hóa*	*Ngâm bở vảy gỉ*	*Tẩy gỉ*	*Tẩy gỉ + dầu mỡ*	*Loại mùn sau tẩy gỉ*	*Tẩy nhẹ*
Thép cacbon, thép hợp kim thấp	Có vảy gỉ	2; 4; 6; 8; 10	1 hoặc 1		3	–	5		7	9
	Có gỉ	2; 4; 6	–		–	–	–	1	3	5
	Đã gia công cơ	2; 4; 6	1 hoặc 1		3	–	–	–	–	5
Thép lò xo	Có vảy gỉ	2; 4; 6	–		–	1	3	–	–	5
Thép bền ăn mòn	Có vảy gỉ	2; 4; 6; 8	–		–	1	3	–	5	7
	Không vảy gỉ	2; 4; 6	1 hoặc 1		3	–	–	–	–	5

Đồng, hợp kim đồng	Có vảy gỉ	2; 4; 6; 8	1 hoặc 1	–	–	3;5	–	–	7
	Lớp oxit mỏng	2; 4; 6	1 hoặc 1	–	–	3	–	–	5
Cu, hợp kim Cu, hợp kim Zn, lớp mạ sau đánh bóng	Lớp oxit mỏng	2; 4; 6	1 hoặc 1	3	–	–	–	–	5
Al, hợp kim Al	Đánh bóng	2; 4; 6	1 hoặc 1	–	–	3	–	5	–
	Không đánh bóng	2; 4; 6; 8	1 hoặc 1	–	–	3	–	5	7
Hợp kim titan	–	2	–	–	–	–	–	–	–

Chú thích:

– Các con số chỉ thứ tự các bước của quy trình công nghệ.

– Nếu bề mặt dính nhiều dầu mỡ thì phải rửa nước nóng trước khi tẩy dầu hóa học hoặc tẩy gỉ + tẩy dầu mỡ.

– Sau tẩy trong dung môi hữu cơ không cần rửa nước.

Chương 4
PHÂN LOẠI VÀ CHỌN LỚP MẠ, PHỦ

4.1. PHÂN LOẠI LỚP MẠ, PHỦ

– ***Phân loại theo chức năng***

Mạ bảo vệ chống ăn mòn: như mạ kẽm, mạ cađimi, mạ kợp kim Ni – Cu, Zn – Cd...

Mạ trang sức bảo vệ: thường mạ nhiều lớp như Ni/Cr, Cu/Ni/Cr.

Mạ trang sức: mạ bạc, mạ vàng, mạ hợp kim Au – Cu, Au – Ni...

Mạ tăng cứng bề mặt: mạ Cr, mạ Ni cứng; mạ Fe và hợp kim Fe, oxy hóa nhôm...

Mạ phục hồi kích thước: mạ sắt, mạ crom, mạ đồng, mạ kền...

Mạ chống mài mòn: mạ Pb và hợp kim Pb, hợp kim Cu – Sn, Ag và hợp kim Ag, Ni và hợp kim Ni, In (inđi) và họp kim In, Ga (gali)...

Mạ để dễ hàn: mạ thiếc, hợp kim Pb – Sn...

Mạ tiếp điểm để tăng độ dẫn điện: mạ Cu và hợp kim Cu, Ag và hợp kim Ag, Au và hợp kim Au, Pt và hợp kim Pt...

Mạ từ tính: mạ hợp kim Co – Ni, Ni – Fe, Fe – Ni – Co, Co – P, Co – Ni – P, Co – Mo, Ni – Co – Re, Co – W, Co – Zn – P, Co – W – V...

– ***Phân loại theo màu sắc***

Màu trắng xám: thiếc, cađimi, bạc, bạch kim...

Màu trắng ấm: kền (hơi vàng), hợp kim kền – thiếc...

Màu trắng lạnh: crom (hơi xanh), kẽm...

Màu hồng: đồng và hợp kim đồng,

Màu vàng: vàng, hợp kim Au – Zn, Au – Sn...

Màu đen: mạ kền đen, crom đen, kẽm đen, đồng đen, các lớp oxit, lớp photphat...

Lớp phủ màu: lớp oxit Al có màu hay nhuộm các màu, nhuộm các màu cho Cu, Ni...

Lớp mạ có hoa văn: mạ kẽm, mạ thiếc...

Hình thức lớp mạ có thể là nhẵn, nhám, bóng, mờ, đục...

– ***Phân loại theo cơ chế bảo vệ***

Lớp mạ anot: Kim loại mạ có điện thế âm hơn kim loại nền. Khi bị xâm thực thì kim loại mạ bị ăn mòn, còn kim loại nền được bảo vệ. Vì vậy lớp mạ càng dày, thời hạn phục vụ càng lâu. Ví dụ: lớp mạ Zn trên thép; Cd trên thép dùng cho môi trường biển; lớp mạ Sn trên sắt (sắt tây) dùng làm vỏ đồ hộp...

Lớp mạ catot: Kim loại mạ có điện thế dương hơn kim loại nền, nếu lớp mạ bị rỗ, hở, thủng, xước... khi bị xâm thực kim loại nền sẽ bị ăn mòn. Vì vậy lớp mạ càng kín, thời hạn phục vụ càng lâu. Ví dụ: lớp mạ Cu, Ni,Cr, Ag... trên thép, đồng, hợp kim đồng trên kẽm...

Lớp mạ bảo vệ và lớp mạ trang sức – bảo vệ được dùng nhiều nhất. Tùy theo môi trường và điều kiện làm việc mà chọn chủng loại và chiều dày lớp mạ.

4.2. MÔI TRƯỜNG LÀM VIỆC CỦA LỚP MẠ

Bảng 4.1. Điều kiện môi trường làm việc đối với lớp mạ, lớp phủ

Tác nhân ăn mòn trong không khí	*Nơi làm việc của lớp mạ, lớp phủ*	*Vùng khí hậu*			
		Ôn đới	*Lạnh*	*Nhiệt đới khô*	*Nhiệt đới ẩm*
		Môi trường ăn mòn			
SO_2 < 4 mg/m². 24 h	Ngoài trời	V	V	V	M
hoặc < 0,02 mg/m³	Dưới mái che	V	V	V	M
NaCl < 0,3 mg/m². 24 h	Trong phòng kín	V	V	V	M
Xa vùng công nghiệp	Trong phòng, có máy lạnh	Y	Y	Y	Y
SO_2: 4 – 200 mg/m². 24 h	Ngoài trời	M	M	V	RM
hoặc 0,02 – 2 mg/m³	Dưới mái che	M	M	V	RM
NaCl: 0,3 – 2 mg/m². 24 h Tương tự vùng công nghiệp	Trong phòng, có máy lạnh	Y	Y	Y	Y
SO_2: 4 – 20 mg/m². 24 h	Ngoài trời	RM	M	–	RM
hoặc 0,02 – 0,2 mg/m³	Dưới mái che	RM	M	–	RM
NaCl: 2 – 2000 mg/m². 24 h	Trong phòng kín	M	M	–	M
Tương tự vùng biển	Trong phòng, có máy lạnh	V	V	–	–

Môi trường làm việc của lớp mạ, phủ được chia ra năm loại theo mức độ ăn mòn như sau: loại 0 – rất yếu (RY); loại 1 – yếu (Y); loại 2 – vừa (V); loại 3 – mạnh (M); loại 4 – rất mạnh (RM).

Quy định điều kiện môi trường làm việc của lớp mạ, lớp phủ được kê trong bảng 4.1. Trong đó: Vùng ôn đới có nhiệt độ dao động từ –45 đến +45 °C;

Vùng khí hậu lạnh $t < -45$ °C;

Vùng nhiệt đới ẩm $t \geq 20$ °C, độ ẩm ≥ 80% kéo dài ít nhất 12 h/ngày đêm và từ 2 đến 12 tháng/năm;

Vùng nhiệt đới khô có nhiệt độ cao nhất không thấp hơn 40 °C, bức xạ Mặt Trời mạnh, biên độ dao động nhiệt độ trong một ngày đêm rất lớn, không khí chứa nhiều cát bụi.

Bảng 4.2. Khả năng bảo vệ của lớp mạ trên nền thép

Lớp mạ, phủ	*Môi trường ăn mòn*				*Chú thích*
	Y	*V*	*M*	*RM*	
Mạ kẽm	+	+	–	–	Không dùng được ở vùng biển
Mạ kẽm + cromat hoá	+	+	+	+	
Mạ cađimi	+	+	+	+	
Mạ cađimi + cromat hoá	+	+	–	–	Không dùng được ở nhiệt đới ẩm
Mạ thiếc (mạ điện)	+	–	–	–	
Sn – Pb; Sn – Bi (lót Ni và Cu)	+	+	+	+	
Sn – Ni (trên lớp lót Cu)	–	+	+	–	
Mạ Ni (mạ điện)	+	+	+	+	
Mạ nhiều lớp: Cu/Ni	+	+	+	–	Không dùng được ở vùng biển
Cu/Ni/Cr	+	+	+	+	
Ni/Cr	+	+	+	+	
Mạ crom sữa	+	+	+	+	Không được tiếp xúc nước biển
Mạ crom sữa + crom bóng	+	+	+	+	
Mạ crom cứng	+	+	+	–	Không dùng ngoài trời; nhiệt đới ẩm
Oxy hóa anot	+	–	–	–	

Chiều dày cần thiết của các lớp mạ trên nền thép trong các môi trường ăn mòn:

Lớp mạ	*Môi trường ăn mòn*	*Chiều dày, μm*	*Chú thích*
Kẽm + cromat hóa	V	12	Độ nhẵn ∇7
Cađimi + cromat hóa	V	6 – 9	∇9
	M	15	∇7
	RM	24	∇7
	RM	15	∇9
Ni / Cr	Y	10 / 0,3	
	V	20 / 0,3	
Lớp lót/ Ni /Cr	Y	Tổng: 10 –20	Lớp Ni 50%
	V	Tổng: 24 –30	Lớp Cr 0,3 μm
	M	Tổng: 45 –50	

Crom cứng	Y	18	∇7
	V	36	∇7
	M	48	∇7
Kền hóa học	V	12	∇10
	M	30	∇7
	RM	36	∇10

4.3. CHỌN CHIỀU DÀY LỚP MẠ TRANG SỨC – BẢO VỆ

Mỗi nước đều có tiêu chuẩn quy định chiều dày tối thiểu cho các lớp mạ.

TCVN 3832 – 1983 là tiêu chuẩn Việt Nam về chiều dày các lớp mạ điện .

Mỗi vùng, mỗi hãng... cũng có những quy định về chiều dày lớp mạ cho riêng các sản phẩm của mình, thường là cao hơn các quy định tối thiểu của nhà nước để tăng tính cạnh tranh.

Tổ chức tiêu chuẩn quốc tế ISO (International Organisation of Standardisation) cũng có những khuyến cáo về chiều dày các lớp mạ như đã kê trong bảng 4.3, bảng 4.4.

Những ký hiệu dùng trong các tiêu chuẩn của ISO (bảng 4.3 và 4.4) như sau:

– Các con số sau chữ Cu hay Ni chỉ chiều dày của chúng.

– Lớp mạ Ni có bốn loại:

Ni b: một lớp Ni bóng.

Ni d: hai hay ba lớp Ni (lớp Ni giữa của hệ 3 lớp chứa S cao nhất: lượng S > 0,15%);

Ni s: lớp Ni bán bóng không chứa S (lượng S < 0,005%);

Ni p: lớp Ni bán bóng hay mờ.

– Lớp mạ crom có ba loại:

Cr r: lớp crom bình thường (regular), luôn có chiều dày khoảng 0,3 μm;

Cr mc: lớp crom nứt tế vi (microcracked), có chiều dày khoảng 0,3 μm hoặc không nhỏ hơn 0,8 μm;

Cr mp: lớp crom xốp tế vi (microporous), có chiều dày không nhỏ hơn 0,3 μm.

– Lớp Cr mp và Cr mc bảo vệ tốt hơn lớp Cr r.

Bảng 4.3. Chiều dày các hệ mạ bảo vệ trang sức theo quy định của ISO

Môi trường làm việc của lớp mạ	*A: Hệ mạ Ni – Cr trên nền thép*	*B: Hệ mạ Cu – Ni – Cr trên nền thép*	*C: Hệ mạ Ni – Cr trên Cu, hợp kim Cu*
4 (ăn mòn rất mạnh – RM)	Fe/Ni40d Cr r Fe/Ni30d Cr mc Fe/Ni30d Cr mp Fe/Ni40p Cr r Fe/Ni30p Cr mc Fe/Ni30p Cr mp	Fe/Cu20 Ni30d Cr r Fe/Cu20 Ni25d Cr mc Fe/Cu20 Ni25d Cr mp Fe/Cu20 Ni30p Cr r Fe/Cu20 Ni25p Cr mc Fe/Cu20 Ni25p Cr mp Fe/Cu20 Ni30b Cr mc Fe/Cu20 Ni30b Cr mp	Cu/Ni30d Cr r Cu/Ni25d Cr mc Cu/Ni25d Cr mp Cu/Ni30p Cr r Cu/Ni25p Cr mc Cu/Ni25p Cr mp Cu/Ni30b Cr mc Cu/Ni30b Cr mp
3 (ăn mòn mạnh và vừa – M và V)	Fe/Ni30d Cr r Fe/Ni25d Cr mc Fe/Ni25d Cr mp Fe/Ni30p Cr r Fe/Ni25p Cr mc Fe/Ni25p Cr mp Fe/Ni40b Cr r Fe/Ni30b Cr mc Fe/Ni30b Cr mp	Fe/Cu15 Ni25d Cr r Fe/Cu15 Ni20d Cr mc Fe/Cu15 Ni20d Cr mp Fe/Cu15 Ni25p Cr r Fe/Cu15 Ni20p Cr mc Fe/Cu15 Ni20p Cr mp Fe/Cu20 Ni35b Cr r Fe/Cu20 Ni25b Cr mc Fe/Cu20 Ni25b Cr mp	Cu/Ni25d Cr r
2 (ăn mòn vừa – V)	Fe/Ni20b Cr r	Fe/Cu20 Ni10b Cr r	Cu/Ni10b Cr r
1 (ăn mòn yếu – Y)	Fe/Ni10b Cr r	Fe/Cu10 Ni5b Cr r	Cu/Ni5b Cr r
0 (ăn mòn rất yếu – RY)	Fe/Ni5b Cr r	Fe/Cu5 Ni5b Cr r	Cu/Ni3b Cr r

– Mạ nhiều lớp Ni chồng lên nhau bảo vệ tốt hơn một lớp Ni có cùng chiều dày.

– Trong các hệ mạ A, B, C bảng 4.3 và hệ D, E bảng 4.4, có thể thay Ni b bằng Ni nhiều lưu huỳnh S, và Cr r bằng Cr mc hay Cr mp trong các môi trường làm việc 3, 2, 1, 0.

– Hệ A, F có thể thay Ni b bằng Ni p hay Ni d trong các môi trường làm việc 2 và 1.

– Hệ B, D, E có thể thay Ni b bằng Ni p hay Ni d trong môi trường làm việc 2.

– Hệ C có thể thay Ni b bằng Ni p hay Ni d trong các môi trường làm việc 3 và 2.

– Cu*: các lớp Cu (hay hợp kim có 50% Cu) của hệ D phải mạ từ dung dịch xyanua, dày tối thiểu 8 μm (vật phức tạp phải dày 10 – 12 μm).

Bảng 4.4. Chiều dày các hệ mạ bảo vệ – trang sức theo quy định của ISO

Môi trường làm việc của lớp mạ	*D: Lớp Cu* – Ni – Cr trên hợp kim kẽm*	*E: Lớp Cu – Ni – Cr trên hợp kim kẽm*	*F: Lớp Ni – Cr trên Al, hợp kim Al*
4 (ăn mòn rất mạnh – RM)	Zn/Cu Ni35d Cr r Zn/Cu Ni25d Cr mc Zn/Cu Ni25d Cr mp Zn/Cu Ni35p Cr r Zn/Cu Ni25p Cr mc Zn/Cu Ni25p Cr mp Zn/Cu Ni35b Cr mc Zn/Cu Ni35b Cr mp	Zn/Cu20 Ni30d Cr r Zn/Cu20 Ni20d Cr mc Zn/Cu20 Ni20d Cr mp Zn/Cu20 Ni30p Cr r Zn/Cu20 Ni20p Cr mc Zn/Cu20 Ni20p Cr mp Zn/Cu20 Ni30b Cr mc Zn/Cu20 Ni30b Cr mp	Al/Ni50d Cr r Al/Ni35d Cr mc Al/Ni35d Cr mp
3 (ăn mòn M và V)	Zn/Cu Ni25d Cr r Zn/Cu Ni20d Cr mc Zn/Cu Ni20d Cr mp Zn/Cu Ni25p Cr r Zn/Cu Ni20p Cr mc Zn/Cu Ni20p Cr mp Zn/Cu Ni35b Cr r Zn/Cu Ni25b Cr mc Zn/Cu Ni25b Cr mp	Zn/Cu15 Ni20d Cr r Zn/Cu15 Ni15d Cr mc Zn/Cu15 Ni15d Cr mp Zn/Cu15 Ni20pCr r Zn/Cu15 Ni15p Cr mc Zn/Cu15 Ni15p Cr mp Zn/Cu20 Ni30b Cr r Zn/Cu20 Ni20b Cr mc Zn/Cu20 Ni20b Cr mp	Al/Ni30d Cr r Al/Ni25d Cr mc Al/Ni25d Cr mp Al/Ni35p Cr r Al/Ni30p Cr mc Al/Ni30p Cr mp
2 (ăn mòn V)	Zu/Cu Ni15b Cr r	Zn/Cu20 Ni10b Cr r	Al/Ni20b Cr r
1 (ăn mòn Y)	Zn/Cu Ni8b Cr r	Zn/Cu Ni8b Cr r	Al/Ni10b Cr r

– Hệ E: lớp Cu đầu tiên phải mạ trong dung dịch xyanua dày 8 μm, sau đó mạ tiếp trong dung dịch sunfat cho đến khi đạt chiều dày quy định.

– Hệ F: có thể mạ thêm lớp Cu trước khi mạ Ni khi cần thiết, nhưng không vì thế mà giảm bớt chiều dày lớp Ni.

4.4. CHỌN LỚP MẠ BẢO VỆ VÀ CHIỀU DÀY CỦA CHÚNG

Để bảo vệ chống ăn mòn cho thép dùng lớp mạ kẽm, lớp mạ cađimi.

Để bảo vệ chống ăn mòn cho đồng, hợp kim đồng dùng lớp mạ Ni, Ag, Sn hay lớp mạ hợp kim Sn–Pb.

Để bảo vệ cho nhôm cần oxy hóa anot tạo lớp oxit bảo vệ.

Lớp mạ kẽm được dùng phổ biến để bảo vệ cho thép tấm (tôn kẽm), ống thép, khung máy, bệ máy, phụ tùng ô tô, xe máy, xe đạp, dụng cụ, thiết bị, máy nông nghiệp, dây thép, dụng cụ tải dẫn điện...

Chiều dày lớp mạ kẽm bảo vệ kê trong bảng 4.5.

Bảng 4.5. Chiều dày lớp mạ kẽm bảo vệ

Môi trường làm việc của lớp mạ	*Chiều dày, μm*
4 (RM) : ăn mòn rất mạnh	36 – 42
3 (M) : ăn mòn mạnh	24 – 30
2 (V) : ăn mòn trung bình (vừa)	15 – 18
1 (Y) : ăn mòn yếu	6 – 9
Mạ ốc vít, bulông êcu nhỏ... có bước ren ≤ 0,8 mm	3 – 6
Mạ bulông lớn, vít xoắn... có bước ren > 0,8 mm	9 – 18
Các công trình vĩnh cửu (đường dây cao áp...)	> 100

Độ nhám bề mặt càng lớn thì độ thấm hydro và độ lỗ càng lớn nên tốc độ ăn mòn càng cao, do đó phải mạ dày hơn. Quy định bề mặt cần mạ bảo vệ phải có độ nhẵn trên cấp ∇4.

Bảng 4.6. Cấp độ ăn mòn các cặp kim loại khi tiếp xúc nhau

Cặp tiếp xúc	*Ag*	*Au Pt Pd*	*α*	*Cr*	*Cu hợp kim Cu*	*Ni*	*Sn, Sn – Bi Sn – Pb*	*Ti*	*β*	*γ*	*Cd*	*Al oxy hóa*	*Al*	*Zn*	*Mg*
Ag	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	2	2	2	2
Au, Pt, Pd	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	2	2	2	2
Fe – Cr – Ni (α)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2
Cr	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	2	2	2	2
Cu, hợp kim Cu	0	0	0	1	0	0	1	0	1	2	2	2	2	2	2
Ni	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2	2
Sn, Sn – Bi, Sn – Pb	1	1	0	1	1	0	0	0	1	2	1	0	1	1	2
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2	2
Fe – Cr (β)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	2	2	2	2
Fe – C (γ)	2	2	1	2	2	2	2	2	2	0	1	2	2	2	2
Cd	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	0	0	1	1	2
Al_2O_3	2	2	2	2	2	1	0	1	2	2	0	0	0	0	1
Al	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	0	0	1	2
Zn	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	0	1	0	1
Mg	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	0

Chú thích: 0 – không ăn mòn; 1 – ăn mòn yếu; 2 – ăn mòn mạnh; hk – hợp kim.

Trong quá trình tẩy hóa học, mạ kim loại nền sẽ bị thấm hydro và trở nên giòn, giảm cơ tính. Điều này rất bất lợi cho vật mạ làm việc đàn hồi như nhíp, lò xo... Khả năng thấm hydro của kim loại nền trong các dung dịch như sau:

Zn xyanua > Cd xyanua > Zn amoniacat > Zn metatitanat > lớp phủ phi kim (lớp oxit, lớp photphat).

Vật mạ đúc từ khuôn đất, khuôn cát có độ rỗ lớn, lẫn nhiều tạp chất bề mặt, không nên mạ bảo vệ, chỉ nên sơn bảo vệ. Vật mạ đúc từ khuôn chảy, đúc dưới áp lực... có độ rỗ dưới 15 lỗ/dm^2 và không có tạp chất bề mặt có thể mạ Zn hay Cd bảo vệ.

Độ bền ăn mòn tốt nhất khi hiệu số điện thế giữa kim loại mạ với kim loại nền hay với kim loại mà nó sẽ phải tiếp xúc sau này cần phải nhỏ hơn 0,25 V. Cần lắp ghép vật mạ với kim loại mà hiệu số điện thế giữa chúng lớn hơn 0,25 V, phải cách ly chúng bằng tấm đệm, lớp sơn hoặc men.

Điện thế điện cực của các kim loại đã cho ở bảng 1.9.

Cấp độ ăn mòn của các cặp kim loại khi lắp ghép, tiếp xúc nhau cho ở bảng 4.6.

4.5. CHỌN CHỦNG LOẠI VÀ CHIỀU DÀY LỚP MẠ CHỨC NĂNG

4.5.1. Nhóm lớp mạ có chức năng chống ăn mòn cho các tiếp điểm, đồng thời tạo ra bề mặt dễ hàn và tăng cao độ dẫn điện

Lớp mạ vàng được dùng để bảo vệ chống ăn mòn cho các tiếp điểm làm việc với áp lực tiếp xúc bé. Au rất bền hóa nên giữ cho tiếp điểm rất ổn định về các thông số điện học một cách lâu dài và tin cậy.

Thường mạ Au lên nền Cu, nhưng điện thế điện cực của Au lớn hơn của Cu khá nhiều (bảng 1.9) nên lớp Au phải kín mới bảo vệ được nền Cu không bị ăn mòn. Nếu có châm kim, sản phẩm ăn mòn của nền Cu hay hợp kim Cu sẽ khuếch tán ra bề mặt làm giảm chất lượng phục vụ của tiếp điểm. Lớp mạ vận hành ở điều kiện ăn mòn mạnh (M) tốt nhất là mạ lót Ni (9 μm) hay Ag (12 μm) trước khi mạ Au.

Đối với nền Cu hay hợp kim Cu vận hành trong môi trường ăn mòn:

Y cần mạ Au3 (lớp Au 3 μm);

V cần mạ Au6 hay Ni9 Au3 (lớp lót Ni 9 μm và lớp Au 3 μm);

M cần mạ Ni9 Au9 hay Ag12 Au3.

Lớp mạ bạc được dùng để bảo vệ chống ăn mòn cho các chi tiết của thiết bị cao tần, cần hàn, cho tiếp điểm làm việc với áp lực 0,98 – 1,176 MPa (100 – 120 g/mm^2), cần độ dẫn điện cao. Lớp mạ Ag dẻo, chịu uốn, nong và ép gắn với chất dẻo. Tuy nhiên lớp mạ Ag dễ tác dụng với hợp chất của S trong không khí tạo thành Ag_2S làm mờ dần bề mặt và khi màng Ag_2S dày trên 0,01 μm sẽ ảnh hưởng xấu đến các tiếp điểm làm việc với áp lực nhỏ dưới 196 – 294 KPa (20 – 30 g/mm^2).

Chống mờ xỉn cho lớp mạ Ag bằng cách cromat hóa nó (nhưng lại làm giảm tính dễ hàn), sơn vecni (ít giảm tính dễ hàn nhưng lại làm tăng điện trở), dùng chất ức chế...

Đối với nền Cu hay hợp kim Cu, mạ Ag bảo vệ cho:

– Tiếp điểm làm việc ma sát, dùng lớp Ag12 cr (lớp Ag dày 12 μm có cromat hoá);

– Tiếp điểm làm việc không ma sát, dùng lớp Ag3; Ag6; Ag9 cr tương ứng với các điều kiện ăn mòn Y, V, M;

– Tiếp điểm làm việc với áp lực cao, dùng lớp Ag15 hay Ag18;

– Chi tiết máy cao tần, cần hàn, dùng lớp Ag3 cr cho cả ba trường hợp Y, V, M.

Lớp mạ palađi được dùng để bảo vệ chống ăn mòn và mài mòn cho tiếp điểm làm việc với áp lực cao 1,96 – 2,94 MPa (200 – 300 g/mm^2). Lớp Pd 3 – 5 μm thực tế không còn lỗ xốp, rất bền với ăn mòn khí quyển, không tác dụng với các hợp chất của S, làm việc tốt đến 300°C. Nhưng Pd có hoạt tính xúc tác cao, vì thế không nên để lớp mạ Pd tiếp xúc với caosu, chất dẻo, nhất là cùng nằm chung trong một thể tích kín và nóng, lúc đó lớp Pd sẽ bị mờ, điện trở tiếp xúc bề mặt tăng.

Làm việc ở điều kiện ăn mòn M và RM phải mạ lót Ag hay Ni rồi mới mạ Pd lên, phải dùng lớp Ag9 Pd3 hay Ni15 Pd3.

Lớp mạ rođi được dùng để bảo vệ chống ăn mòn cho các tiếp điểm làm việc với áp lực cao, đến 2,94 MPa (300g/mm^2) và nhiệt độ cao (400 – 459 °C), tốt hơn lớp Pd. Lớp Rh giữ được các thông số điện học ổn định cho các tiếp điểm làm việc lâu dài trong điều kiện độ ẩm cao.

Mạ Rh một lớp phải có độ dày đến 3 μm, nếu mạ lót Ag có thể giảm được chiều dày của Rh, ví dụ:

– Làm việc ở điều kiện ăn mòn Y và V dùng lớp mạ Ag6 Rh0,5;

– Làm việc ở điều kiện ăn mòn M và RM dùng lớp mạ Ag9 Rh1 hay Ni(15 – 18) Rh1.

Lớp mạ hợp kim Sn – Ag được dùng để bảo vệ chống ăn mòn cho các tiếp điểm làm việc với áp lực thấp, có điện trở tiếp xúc trung bình, độ cứng và độ chịu mài mòn thấp. Không nên dùng cho các chi tiếp ép gắn với chất dẻo.

Sau đây là các lớp mạ dễ hàn khác, không hoặc rất ít dùng cho tiếp điểm:

Lớp mạ thiếc được dùng để bảo vệ chống ăn mòn cho các chi tiết cần hàn và dẫn điện, nhưng chỉ dùng cho điều kiện ăn mòn Y và V. Lớp mạ Sn chỉ dễ hàn khi còn mới, chưa lâu quá 1,5 – 2 tháng. Lớp mạ Sn còn được dùng để chống thấm nitơ cho thép, chống tác dụng của S khi bọc, lót caosu cho thép.

Lớp mạ Sn – Ni (đến 50%): hợp kim này dễ hàn, có độ cứng 2,94 – 3,92 GPa (300 – 400 kg/mm^2), màu sắc đẹp, mạ cho các chi tiết ép chặt với chất dẻo. Lớp mạ giòn nên không được mạ cho các chi tiết làm việc đàn hồi.

Nền Cu, hợp kim Cu dùng lớp Sn – Ni3, Sn – Ni6, Sn – Ni9 tương ứng với điều kiện Y, V, M.

Nền thép phải mạ lót Cu như sau:

– Làm việc ở điều kiện Y dùng lớp Cu3 Sn – Ni9;

– Làm việc ở điều kiện V dùng lớp Cu18 Sn – Ni12;

– Làm việc ở điều kiện M và RM dùng lớp Cu30 Sn – Ni12.

Lớp mạ Sn – Pb và Sn – Bi: Lớp mạ thiếc – chì bằng phương pháp mạ hay nhúng nóng để tăng tính dễ hàn nhưng chỉ trong thời hạn 2 – 3 tháng kể từ khi mạ.

Lớp mạ thiếc – bismut (1,2 – 2,5%) dùng để tăng tính dễ hàn, tốt hơn lớp Sn – Pb, thời hạn dài hơn (12 tháng), nhưng mạ Sn – Bi đòi hỏi điều kiện chặt chẽ hơn và không mạ được cho các vật có hình dạng phức tạp. Muốn Sn – Bi chống ăn mòn tốt cho thép phải mạ lót Cu hay Ni, ví dụ:

– Làm việc ở điều kiện Y dùng lớp mạ Cu3 Sn – Bi3;

– Làm việc ở điều kiện V dùng lớp mạ Cu12 Sn – Bi6;

– Làm việc ở điều kiện M và RM dùng lớp mạ Cu21 Sn – Bi9 và Cu21 Sn – Bi12.

Có thể thay lớp Cu lót bằng lớp Ni lót 6 đến 12 μm.

Lớp mạ Ni hóa học trên Al và hợp kim Al để có tính dễ hàn.

4.5.2. Nhóm lớp mạ có chức năng chống mài mòn và ăn mòn

Lớp mạ crom sữa làm tăng tính chịu mài mòn cho các chi tiết làm việc ma sát trượt, ma sát lăn với phụ tải dưới 0,49 MPa (5 kg/cm^2) và nhiệt độ dưới 120 °C. Lớp crom sữa có khả năng bảo vệ chống ăn mòn cao nhất trong số các lớp mạ crom, nhưng tính bảo vệ này sẽ giảm nhiều nếu nó bị tác dụng đồng thời của phụ tải đổi chiều và môi trường ăn mòn.

Lớp mạ crom cứng được dùng để nâng cao độ chịu mài mòn cho các chi tiết làm việc có bôi trơn với phụ tải 2,94 – 4,9 MPa (30 – 50 kg/cm^2). Lớp mạ crom thông thường kém thấm ướt chất lỏng và dầu mỡ nên không thể chịu ma sát với tải trọng lớn được. Khắc phục bằng cách làm xốp bề mặt crom để tăng độ thấm ướt dầu mỡ.

Lớp mạ crom tăng cường để nâng cao thêm độ chịu mài mòn cho các chi tiết máy làm việc trong điều kiện khắc nghiệt, độ ẩm lớn, nhiệt độ cao. Các chi tiết này thường làm từ thép công cụ, thép hợp kim cao, có hàm lượng W và Co lớn, có độ cứng rất cao và có khả năng gắn bám chắc với lớp mạ crom. Chiều dày lớp crom trong trường hợp này được chọn từ 15 đến 50 μm tùy theo điều kiện vận hành của chi tiết.

Cũng có thể mạ crom chịu mài mòn lên hợp kim nhôm như trong việc chế tạo các xylanh động cơ, với điều kiện kết cấu của chi tiết phải vững chắc, khó biến dạng và không phải chịu tải trọng lớn.

Lớp oxit nhôm thu được trong quá trình anot hóa Al có độ cứng đến 500 kg/mm^2 cũng có tác dụng tăng tính chịu mài mòn cho bề mặt Al và hợp kim Al.

Lớp mạ Ni hóa học chịu mài mòn rất tốt vì nó có độ cứng cao (tới 10,78 GPa, tức 1100 kg/mm^2), ngang hàng với lớp mạ crom cứng, lại có ưu điểm lớp mạ dày đều trên các vật có hình dạng phức tạp, đồng thời chịu ăn mòn tốt trong khoảng nhiệt độ rộng, từ –60 °C đến +500 °C, với độ ẩm cao.

Loại lớp mạ Ni hóa học có chứa 7 – 10% P, không từ tính, được dùng để chống ăn mòn và mài mòn cho nhiều loại chi tiết trong các thiết bị điện.

Chiều dày lớp mạ Ni hóa học chịu mài mòn vận hành trong điều kiện ăn mòn V và M là 20 – 30 μm.

4.6. CHỌN CHỦNG LOẠI VÀ CHIỀU DÀY LỚP MẠ TỪ TÍNH

Lớp mạ hợp kim Ni – Fe được dùng nhiều trong công nghệ sản xuất máy tính điện tử, thiết bị vi điện tử, thiết bị nghe nhìn, trong công nghệ vũ trụ...

Màng Ni – Fe dày 100nm, có hàm lượng Ni thay đổi từ 40 đến 90%, cho lực kháng từ (H_c) dao động trong khoảng 200 – 300 A/m. Màng có hàm lượng Ni cao hơn, từ 93 – 95%, lực kháng từ H_c tăng vọt lên, có thể đến 1800 A/m.

Màng có hàm lượng Ni từ 75 – 90% cho trường dị hướng (H_k) có giá trị cực tiểu.

Màng hợp kim 81,5% Ni và 18,5% Fe có độ từ giảo bằng không. Còn màng hợp kim 78% Ni – 22% Fe vô trật tự có hằng số thứ nhất của độ dị hướng từ tinh thể bằng không. Vì vậy muốn chế tạo màng vừa có độ từ giảo nhỏ nhất vừa có hằng số thứ nhất của độ dị hướng từ tinh thể nhỏ nhất để cho độ phân tán biên độ là nhỏ nhất, cần thiết phải chọn thành phần hợp kim phù hợp. Màng hợp kim permalloy (80% Ni – 20% Fe) đáp ứng được yêu cầu này.

Phương sai góc $\Delta\alpha$ nhỏ nhất được tìm thấy ở hợp kim có thành phần gần giống với hợp kim có độ từ giảo bằng không.

Thêm nguyên tố thứ ba (thuận từ) vào hợp kim Ni – Fe sẽ làm cho khoảng từ tính của vật liệu được mở rộng rất nhiều nên độ tin cậy tăng lên, sử dụng dễ dàng hơn. Nguyên tố thứ ba hay dùng nhất là Co, đôi khi còn là Mo, Cu, In, V, Pt...

Thêm Co vào hợp kim Ni – Fe đã mở rộng đáng kể phạm vi thành phần hợp kim có độ từ giảo bằng không. Tăng hàm lượng Co trong màng Ni – Fe sẽ làm giảm độ nghiêng góc α và phương sai góc $\Delta\alpha$, nhưng đồng thời lại làm tăng trường dị hướng H_K và tăng nhẹ lực kháng từ H_c .

Thay đổi hàm lượng Mo trong hợp kim Ni – Fe – Mo từ 5 đến 18% sẽ làm giảm lực kháng từ H_c từ 100 xuống 50 A/m và giảm trường dị hướng H_k từ 280 xuống 180 A/m. Phương sai góc $\Delta\alpha$ sẽ cực tiểu khi Mo chiếm 5 – 8%.

Tăng hàm lượng In từ 4 lên 7% trong hợp kim Ni–Fe–In thì H_c vẫn là 90 – 100 A/m và H_k vẫn là 320 A/m (không thay đổi). Phương sai góc $\Delta\alpha$ sẽ cực tiểu khi In chiếm 6 – 7%.

Tăng chiều dày màng Ni – Fe (trong giới hạn cho phép) sẽ làm giảm H_c và H_k, kể cả hợp kim có hàm lượng Ni cao trên 95%. Trong thực tế thường dùng màng Ni – Fe hay Ni – Fe – Co dày 0,6 – 1,0 μm. Chiều dày lớn hơn 1 μm làm giảm chất lượng màng và thông tin ghi trên màng dễ bị mất. Để khắc phục hiện tượng này cũng như để tăng cường tín hiệu ra người ta dùng kết cấu từ gồm nhiều lớp cách nhau bằng các lớp trung gian Sn, Au...

Để ổn định trạng thái của vectơ từ hóa, phải dùng tổ hợp nhiều lớp vật liệu từ mềm và từ cứng xen kẽ nhau. Các lớp từ mềm và từ cứng cho tiếp xúc trực tiếp với nhau và gắn kết chúng lại bằng tương tác trao đổi giữa các phân tử. Lớp từ cứng làm ổn định trạng thái từ cho lớp từ mềm.

Hợp kim từ tính có độ từ giảo bằng không được dùng để chế tạo màng. Hàm lượng Co trong hợp kim Ni – Fe – Co không nên vượt quá 3%. Màng có thành phần như vậy cho các giá trị H_c và H_k không lớn hơn của Ni – Fe bao nhiêu. Tăng chiều dày màng này, phương sai cũng bị giảm.

4.7. CHỌN LỚP PHỦ PHI KIM

Màng oxit trên nhôm và hợp kim Al tăng độ bền ăn mòn và mài mòn cho bề mặt của chúng. Màng xốp, rất dễ hấp phụ dầu mỡ, sơn, sáp, chất màu... Tăng thêm tính chống ăn mòn bằng cách luộc màng trong nước mềm hay trong dung dịch $Na_2Cr_2O_7$ ở 90 – 100 °C. Tăng thêm vẻ đẹp cho màng bằng cách nhuộm màu hóa học hay điện hoá. Màng oxit hóa hoá học thường mỏng, 3 – 5 μm, chỉ dùng cho điều kiện ăn mòn Y hay vật dùng ngắn hạn, mau hỏng; dễ thực hiện và rẻ. Màng oxit hóa điện hóa dày và bền hơn (3 – 7 μm đến 100 μm hoặc hơn), dùng để bảo vệ chống ăn mòn và mài mòn trong điều kiện khắc nghiệt hơn.

Màng oxit trên gang, thép dùng bảo vệ chống ăn mòn tạm thời cho gang, thép và cho bề mặt đẹp hơn. Màng chế tạo bằng phương pháp hóa học (dày 1,5 – 3 μm) bảo vệ kém hơn màng chế tạo bằng phương pháp điện hóa học.

Màng oxit trên Cu và hợp kim Cu thường có màu đen, nâu sẫm..., dày 3 – 5 μm, có tác dụng bảo vệ chống ăn mòn, tăng tính cổ kính cho sản phẩm mỹ nghệ.

Màng photphat thường phủ trên thép, đôi khi trên kẽm và trên nhôm. Màu sẫm từ xám đến đen, dạng tinh thể, có chiều dày từ 7 đến 50 μm tùy theo cách chế tạo nó. Dùng làm lớp lót cho sơn để tăng độ gắn bám và độ bền cho lớp sơn. Dùng đơn độc phải tẩm dầu để tăng bền ăn mòn và chỉ dùng tạm thời.

Chương 5

MẠ KẼM, CAĐIMI, THIẾC, CHÌ

5.1. MẠ KẼM

Kẽm, ký hiệu Zn, là kim loại trắng xám, giòn ở nhiệt thường, dẻo ở 100 – 150 °C; dễ tán bột ở nhiệt độ trên 250 °C. Nhiệt độ nóng chảy 419 °C. Trọng lượng riêng γ = 7,2 g/cm^3. Trọng lượng nguyên tử Zn 65,4. Đương lượng hóa học của Zn^{2+} 32,7. Đương lượng điện hóa của Zn^{2+} 1,219 g/Ah. Độ cứng của kẽm mạ điện 490 – 588 MPa (50 – 60 kg/mm^2). Điện trở riêng 5,75.10^{-4} Ω.cm. Điện thế tiêu chuẩn –0,763 V; trong các dung dịch mạ điện thế cân bằng của kẽm âm hơn: – 0,80 V trong dung dịch axit, –1,25 V trong dung dịch xyanua.

Kẽm là kim loại hoạt động, là chất khử mạnh. Kẽm bền trong không khí ẩm, trong nước ngọt, trong đất. Kẽm dễ tan trong axit, trong kiềm. Kẽm không bền trong khí công nghiệp (chứa hợp chất S và CO_2), rất không bền trong khí hậu biển. Tốc độ ăn mòn kẽm ở nông thôn là 1 – 1,5 μm/năm, ở vùng nhiệt đới ẩm là 1,5 – 2 μm/năm, ở vùng công nghiệp là 6 – 8 μm/năm.

Lớp mạ kẽm khá dẻo, chịu uốn, bẻ, căng, cán dát tốt. Kẽm mới mạ dễ hàn, chỉ cần hoạt hóa bằng nhựa thông; lớp mạ để lâu phải dùng axit hoạt hóa mới hàn được. Lớp mạ kẽm trên sắt, thép, đồng... là lớp mạ anot, nên nếu có bị xây xước, lỗ châm kim... thì kim loại nền vẫn được bảo vệ chừng nào lớp kẽm vẫn chưa mòn hết. Nhưng làm việc trên 70 °C thì ngược lại, kẽm là catot so với thép, nên thép bị ăn mòn, còn kẽm thì không. Lớp mạ kẽm không bền với nhựa tổng hợp, dầu mau khô, hydrocacbon đã clo hóa...

Chiều dày lớp mạ điện kẽm nên chọn theo bảng 4.5.

Mạ kẽm dày trên 100 μm không nên dùng phương pháp mạ điện, nên dùng các phương pháp khác như phun, nhúng nóng...

Chiều dày lớp mạ δ tính theo công thức (5.1) hoặc tra bảng 5.1:

$$\delta = i_c \, э H \tau / \gamma \qquad (5.1)$$

trong đó: δ – chiều dày lớp mạ, μm;

i_c – mật độ dòng điện, A/dm^2;

$э$ – đương lượng điện hoá, g/Ah (bảng 1.7);

H – hiệu suất dòng điện, %;

τ – thời gian mạ, h;

γ – trọng lượng riêng kim loại mạ, g/cm^3 (bảng 1.11).

Bảng 5.1. Tốc độ mạ kẽm trong các dung dịch (μm/h)

Hiệu suất dòng điện H, %	*Mật độ dòng điện, A/dm²*									
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
60	10,3	20,6	30,9	41,2	51,5	61,8	72,2	82,4	92,7	108,0
65	11,2	22,4	33,6	44,8	56,0	67,2	78,3	89,6	100,8	112,0
70	12,0	24,1	36,1	48,2	60,2	72,2	84,3	96,4	108,3	120,4
75	12,9	25,8	38,7	51,6	64,5	77,4	90,3	103,2	116,1	129,0
80	13,7	27,6	41,3	55,1	68,6	82,6	96,1	110,0	123,5	137,5
85	14,1	29,3	43,9	56,4	73,0	87,8	102,3	112,8	131,5	146,0
90	15,5	31,0	46,5	62,0	77,5	93,0	108,3	124,0	139,5	155,0
95	16,4	32,6	49,2	65,6	82,0	98,1	114,8	131,2	147,6	164,0
89	16,9	33,8	50,6	67,6	84,5	101,2	117,8	135,2	151,8	169,0
100	17,2	34,4	51,6	68,8	86,0	103,2	120,4	137,6	154,0	172,0

Mạ kẽm từ mọi dung dịch xong phải hoàn thiện lớp mạ bằng một trong các cách sau:

- Thụ động lớp mạ kẽm trong dung dịch cromic hay bicromat để tăng tính bảo vệ;
- Tẩy bóng lớp mạ kẽm trong các dung dịch đặc biệt để tăng tính trang sức;
- Photphat hóa để tăng khả năng bảo vệ, để gắn sơn tốt...

5.1.1. Mạ kẽm trong dung dịch axit

Dung dịch axit có khả năng phân bố thấp nên chỉ mạ cho các vật có hình dạng đơn giản như tấm, băng, thanh, dây... Dung dịch axit cho phép dùng mật độ dòng điện i_c lớn, có hiệu suất dòng điện *H*% cao, lớp mạ dẻo, không độc.

Bảng 5.2 kê một số dung dịch sunfat mạ kẽm.

Bảng 5.2. Các dung dịch mạ kẽm sunfat

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch mạ kẽm sunfat*						
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
$ZnSO_4.7H_2O$	200 – 300	430 – 500	240 – 360	200 – 220	–	575 – 718	200 – 215
ZnO	–	–	–	–	17,5	–	–
$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$	30	30	30	–	–	30	40 – 50
$Na_2SO_4.10H_2O$	50 – 100	–	–	70 – 80	–	–	40 – 50
CH_3COONa	–	–	–	15 – 20	–	–	–
K_2SO_4	–	–	–	–	75 – 80	–	–
NH_4Cl	–	–	15 – 30	–	–	–	–
$(NH_4)_2SO_4$	–	–	–	–	20	–	–
Dextrin vàng	8 –10	–	–	10	–	–	10
Urotropin $C_6H_{12}N_4$	–	–	–	0,2 – 0,3	–	–	–
Polyacrilamit	–	–	–	–	5 – 10	–	–
Glucoza	–	–	120	–		–	–
i_c, A/dm^2					–		
– không khuấy	1 – 2	1 – 3	1 – 3	1 – 1,5	2 – 3	–	1 – 2
– có khuấy	3 – 6	8 – 10	–	–	–	50 – 400	3 – 5
pH	3,5 – 4,5	3,5 – 4,5	3,5 – 4,2	3,5 – 4,5	1,9 – 3,5	3,5 – 4,5	3 – 4,4
Nhiệt độ, °C	Phòng	Đến 40	25	Phòng	Phòng	40 – 50	25
H%	95 – 98	95 – 98	95 – 99	> 95	–	95 – 98	98 – 99
Ứng dụng	Mạ tĩnh, quay	Mạ dây, băng...	Mạ vạn năng	Mạ quay, bóng	Mạ bóng	Mạ dây, băng...	Mạ tĩnh, quay

Tỷ lệ diện tích anot/ catot: S_a/S_c = 1/1.

Anot bằng kẽm có độ sạch cao (xem mục 13.1).

Điện thế nguồn điện: mạ tĩnh 6 V; mạ quay 9 – 12 V.

$ZnSO_4$, ZnO, $Zn(BF_4)_2$... cung cấp ion Zn^{2+} cho phản ứng catot.

Nhôm sunfat và phèn nhôm có thể thay thế cho nhau bằng lượng tương đương, chúng làm ổn định pH, đồng thời cho lớp mạ sáng. H_3BO_3, CH_3COONa... cũng có tác dụng đệm.

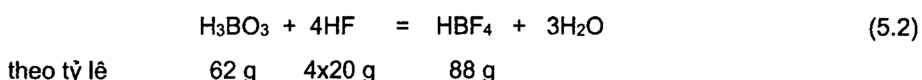
Na_2SO_4, $(NH_4)_2SO_4$, K_2SO_4, NH_4BF_4... tăng độ dẫn điện cho dung dịch.

Dextrin, urotropin, glucoza, polyacrilamid, tioure... là các chất làm mịn, sáng lớp mạ.

Dung dịch mạ kẽm floborat có năng suất cao, khả năng phân bố khá tốt, mạ được cho các vật có hình dạng ít phức tạp, cho lớp mạ dẻo, thấm ít hydro nhất (ít hơn 6 – 8 lần so với mạ kẽm từ dung dịch xyanua).

Kẽm floborat	$Zn(BF_4)_2$	250 – 300 g/l
Amon floborat	NH_4BF_4	25 – 30 g/l
Axit boric	H_3BO_3	10 – 30 g/l
Tioure	$CS(NH_2)_2$	2 – 4 g/l
Chất hoạt động bề mặt	OP 10	8 – 10 g/l
pH	dùng HBF_4	3,5 – 4,5
i_a, A/dm^2	ở 15 – 25 °C	3 – 5 (H = 99 – 100%)
	ở 35 – 40 °C	8–10 (H = 85 – 90%)

HBF_4 có thể tự chế tạo lấy dựa vào phản ứng sau:

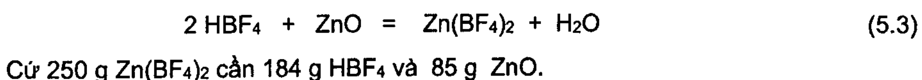


$$H_3BO_3 + 4HF = HBF_4 + 3H_2O \qquad (5.2)$$

theo tỷ lệ 62 g 4x20 g 88 g

Cách làm: rót một lượng cần thiết axit HF từng ít một vào bể nhựa (ebonit, viniplase, pentaplat...) đã có sẵn nước để pha loãng HF đến nồng độ 25% (80 g HF tính ra 100% cần cho phản ứng trên, nó ứng với 200 g HF 40% thương phẩm), khuấy bằng cánh khuấy nhựa và từ từ cho dần H_3BO_4 vào. Phản ứng tỏa nhiều nhiệt nên phải tiến hành chậm và cẩn thận tại chỗ có thông gió tốt. Phải đi găng tay bảo hiểm.

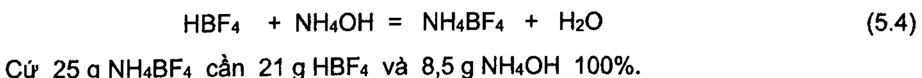
Sau đó chế ra $Zn(BF_4)_2$ theo phản ứng:



$$2\,HBF_4 + ZnO = Zn(BF_4)_2 + H_2O \qquad (5.3)$$

Cứ 250 g $Zn(BF_4)_2$ cần 184 g HBF_4 và 85 g ZnO.

Chế ra NH_4BF_4 như sau:



$$HBF_4 + NH_4OH = NH_4BF_4 + H_2O \qquad (5.4)$$

Cứ 25 g NH_4BF_4 cần 21 g HBF_4 và 8,5 g NH_4OH 100%.

Pha chế dung dịch: Tính toán và cân đủ lượng tất cả các loại hóa chất cần thiết. hòa tan riêng từng hóa chất với nước (tổng lượng nước dùng pha tất cả các hóa chất phải < thể tích dung dịch cần pha chế), có thể dùng nước nóng cho dễ tan. Đổ chung vào bể, khuấy đều, thêm nước đến thể tích đã định, điều chỉnh pH. Lọc dung dịch vào bể mạ, thêm các phụ gia hay chất bóng và mạ xử lý với i_c = 0,7 – 1 A/dm^2 và mật độ dòng thể tích 0,5 – 1 A/lít cho đến khi được lớp mạ tốt (vài ba giờ). Các phụ gia và chất bóng không nên dùng quá lượng, tốt nhất là dùng ít hơn quy định rồi tăng dần lên đồng thời theo dõi diễn biến. Riêng dextrin cần ngâm trương trong nước nguội rồi đun nhẹ.

Bảng 5.3. Sự cố thường gặp khi mạ kẽm từ dung dịch axit

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Mạ kẽm mờ Lớp mạ sần sùi, xám, sọc vằn	1. Dung dịch lẫn kim loại dương hơn kẽm. Hạ pH đến 2 – 3 rồi mạ xử lý ở i_c thấp. 2. Dung dịch lẫn tạp chất hữu cơ. Xử lý bằng H_2O_2 và dòng điện. 3. Dung dịch lẫn muối nitrat. Lọc qua than hoạt tính.
Lớp mạ xám, thô, gai ở cạnh, mép	1. Mật độ dòng điện catot lớn. 2. pH dung dịch cao quá.
Lớp mạ có gai, cây khắp mặt	Mật độ dòng điện quá lớn trong khi nồng độ muối kẽm quá loãng.
Lớp mạ kẽm sáng nhưng nhám	Dung dịch vẩn đục mùn anot, oxit hay hydroxit không tan. Cần lọc sạch.
Lớp mạ không nhẵn, không đều	Muối sắt quá nhiều. Cần thêm H_2O_2 (0,5 ml/l), đun đến 70 °C, kiềm hóa bằng Na_2CO_3, lọc.
Lớp mạ kẽm xám ngay khi mới mạ xong hoặc mạ ở i_c rất bé	Dextrin hỏng. Hạ pH đến 2 – 3 và xử lý bằng dòng điện.
Lớp mạ rất giòn	1. Dung dịch lẫn gelatin, keo, chất hữu cơ khác. Bổ sung tanin 0,1 g/l rồi lọc bỏ kết tủa. 2. pH dung dịch quá bé, làm hỏng dextrin. Tăng pH bằng Na_2CO_3.
Lớp mạ bong thành từng vảy	Dung dịch lẫn nhiều chất hữu cơ. Lọc dung dịch qua than hoạt tính.
Lớp mạ kẽm nhám, tối	pH dung dịch cao quá 5. Dùng H_2SO_4 10 % điều chỉnh lại.
Lớp mạ bị rỗ	Dung dịch lẫn tạp chất hữu cơ. Thêm H_2O_2 và xử lý bằng dòng điện.
Lớp mạ không đều. Tại chỗ lõm, sâu lớp mạ mỏng hoặc không có	1. Khả năng phân bố giảm. Thêm dextrin và muối dẫn điện. 2. Nhiệt độ dung dịch quá cao. Hạ bớt. 3. pH thấp quá. Dùng Na_2CO_3 tăng pH lên. 4. Khoảng cách anot và catot quá gần nhau. Chỉnh lại. 5. Vật mạ che khuất lẫn nhau. Treo lại.
Mạ kẽm bóng Lớp mạ có màu xám	1. Lẫn nhiều muối kim loại. Mạ xử lý với i_c bé. 2. Nhiệt độ dung dịch quá cao. Hạ bớt. 3. Nồng độ chất bóng quá nhiều.
Mép catot lớp mạ thô, tối; các chỗ khác mờ	Mạ xử lý chưa đạt yêu cầu. Cần mạ xử lý thêm.
Sau khi tẩy sáng lớp mạ bị tối, mờ	1. Nhiệt độ dung dịch lớn quá, > 40 °C. Giảm bớt. 2. pH bé quá, < 2,5. Chỉnh lại bằng Na_2CO_3.

5.1.2. Mạ kẽm từ dung dịch xyanua

Dung dịch mạ kẽm xyanua có khả năng phân bố lớn, mạ được cho các vật có hình dạng phức tạp: ống, hộp, ốc vít, khung máy...

Hiệu suất dòng điện *H*% thấp (60 – 85%), nồng độ NaCN càng lớn *H*% càng nhỏ , nồng độ NaOH càng lớn *H*% càng lớn. Chiều dày lớp mạ tính theo công thức 5.1 hay tra bảng 5.1. Bảng 5.4 kê một số dung dịch mạ kẽm xyanua.

Bảng 5.4. Dung dịch mạ kẽm xyanua

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch mạ kẽm*			
	1	*2*	*3*	*4*
ZnO	40 – 45	40 – 45	8 – 10	41 – 57
NaCN	75 – 85	80 – 85	18 – 20	68 – 132
NaOH	70 – 80	40 – 60	70	34,5 – 56
Na_2S	0,5 – 5,0	–	–	–
Glyxerin $C_3H_5(OH)_3$	3 – 5	–	–	–
Nhiệt độ dung dịch, °C	Phòng	Phòng	Phòng	27 – 38
Mật độ dòng, A/dm²				
– Có khuấy	10 – 12	–	–	–
– Không khuấy	2 – 5	1,5 – 2	0,5 – 2,5	11,1 – 5,4
Hiệu suất dòng, *H*%	80 – 85	75 – 80	70 – 80	75 – 95
Ứng dụng	Tẩy HNO_3 3% cho lớp mạ sáng	Mạ tĩnh	Mạ quay, ít độc	Mạ dày

Tỷ lệ diện tích anot/catot S_a/S_c : 2/1.

Anot: kẽm độ sạch cao (xem mục 13.1) và thép.

Điện thế nguồn 6 – 12 V.

Thời hạn phân tích điều chỉnh dung dịch 1 – 2 lần/tuần.

NaCN tạo với ZnO thành phức chất $Na_2[Zn(CN)_4)]$, có hằng số không bền ở 35 °C là $K = 4,2.\ 10^{-24}$, cho khả năng phân bố lớn; độc.

NaOH tạo với ZnO thành phức chất Na_2ZnO_2 (zincat), có hằng số không bền ở 35 °C là $K = 5,2.\ 10^{-12}$, cho khả năng phân bố bé.

Na_2S dùng kết tủa kim loại nặng xuống đáy bể, làm sạch dung dịch, cho lớp mạ sáng hơn.

Glyxerin $C_3H_5(OH)_3$ cho lớp mạ mịn, sáng.

Làm việc lâu, hàm lượng Na_2CO_3 tăng dần lên do hấp thụ khí CO_2 từ không khí. Khi nồng độ Na_2CO_3 vượt quá 100 g/l sẽ kết tinh trắng lên thành bể, làm giảm *H*%, i_c và chất lượng lớp mạ. Loại bỏ bằng cách cứ thêm 1,5 g $Ba(OH)_2$ vào dung dịch sẽ kết tủa được 1 g Na_2CO_3, sau đó lắng, gạn khỏi dung dịch (dung dịch mạ kẽm xyanua nhớt, khó lọc) .

Hiện nay thị trường nước ta có bán chất bóng ZB – ATZ dùng cho mạ kẽm xyanua rất tốt, dùng trong dung dịch sau (g/l): ZnO 22,4; NaCN 40; NaOH 85; ZB – ATZ 4 ml/l; i_c = 0,5 – 5 A/dm²; nhiệt độ thường. Sau khi cromat hóa sáng bóng như mạ crom.

Bảng 5.5. Sự cố thường gặp khi mạ kẽm xyanua

Sự cố	*Nguyên nhân và cách chữa*
Lớp mạ kẽm bị xám	Dung dịch lẫn kim loại nặng (As, Pb, Cu). Bổ sung 3 – 4 g/l.
Mạ ăn chậm, khí thoát nhiều ở catot	Thừa nhiều NaCN. Bổ sung ZnO cho đúng tỷ lệ quy định giữa ZnO và NaCN.
Anot có màng trắng; nồng độ kẽm giảm	Anot bị thụ động. Đánh sạch mặt anot bằng bàn chải sắt; tăng thêm diện tích anot; tăng thêm NaCN.
Chỗ lõm, trong khe lớp mạ mỏng	1. Nồng độ kẽm lớn quá. Thay vài anot kẽm bằng anot thép. 2. Nồng độ xyanua thấp. Thêm NaCN. 3. Nhiệt độ dung dịch quá cao. Hạ bớt nhiệt độ.
Lớp mạ kẽm bóng sau khi tẩy trong HNO_3 bị xấu đi	Dung dịch lẫn các muối đồng, chì, thiếc. Thêm 3 – 4 g/l Na_2S vào dung dịch để kết tủa chúng.
Dung dịch tích tụ nhiều kẽm	Dung dịch thừa NaCN và NaOH. Giảm bớt bằng cách pha loãng.
Dung dịch mạ bóng nhưng lớp mạ kém bóng	1. Nhiệt độ dung dịch lên quá 40°C. Làm nguội dung dịch. 2. Mật độ dòng điện catot bé. Tăng i_c lên.
Anot khó tan, lớp mạ nhám	Nồng độ Na_2CO_3 quá lớn. Phân tích và kết tủa bằng $Ba(OH)_2$, rồi lọc bỏ cặn.
Lớp mạ bị bong	1. Chuẩn bị bề mặt trước khi mạ không tốt. Chuẩn bị tốt hơn. 2. Bề mặt vật mạ có khuyết tật do gia công áp lực gây ra. Thay đổi công nghệ gia công chế tạo vật mạ.
Hydro thoát ra mạnh, không có lớp mạ	Dung dịch lẫn CrO_3. Xử lý thật lâu bằng dòng điện. Quá thừa xyanua. Thêm ZnO.

Pha chế và điều chỉnh dung dịch kẽm xyanua phải tiến hành trong tủ hút hay bể có hút khí: cân NaCN và NaOH đúng liều lượng rồi hòa tan riêng vào nước trong các thùng bằng thép hay nhựa. Dung dịch để lắng và gạn cẩn thận vào chung một bể, đun nóng đến 70 – 80 °C, cho từ từ ZnO vào và khuấy liên tục. ZnO phải hòa với nước thành bột nhão trước rồi mới đổ vào. Có thể thay ZnO bằng $Zn(OH)_2$ mới chế từ $ZnSO_4$ và NaOH.

Sau khi ZnO hay $Zn(OH)_2$ đã tan hết, bổ sung các phụ gia còn lại như Na_2S, glyxerin... Thêm nước đến thể tích đã tính toán, khuấy đều. Để lắng và gạn lọc vào bể mạ. Lấy mẫu đem phân tích và điều chỉnh lại cho đúng yêu cầu. Khi cần thêm ZnO phải hòa tan nó vào NaCN hay NaOH rồi mới lọc vào dung dịch.

Pha xong mạ xử lý với i_c = 0,1 – 0,2 A/dm² đến khi được lớp mạ sáng.

5.1.3. Mạ kẽm từ dung dịch zincat

Kẽm tồn tại dưới dạng phức Na_2ZnO_3, hằng số không bền ở 35 °C là $K = 5,2.10^{-12}$. Dung dịch này có khả năng phân bố khá lớn nên mạ được cho các vật tương đối phức tạp. Tuy không bằng dung dịch xyanua nhưng nó không độc hại, thành phần đơn giản, giá rẻ, độ dẫn điện cao, chỉ cần nguồn một chiều dưới 6 V.

Bảng 5.6. Dung dịch mạ kẽm zincat

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch zincat*			
	1	*2*	*3*	*4*
ZnO (tính ra Zn)	15 – 17	3,5 – 6,8	10	10
NaOH	135 – 160	65 – 80	80	100
$SnCl_4$ (hay Na_2SnO_3)	0,2 – 0,5	0,2 – 0,5	1	–
Polyetylenimin	–	–	–	1
Mật độ dòng, A/dm²				
i_a	–	–	< 1,5	6 – 7
i_c khuấy	3 – 4	1,5 – 2,0		
i_c không khuấy	2,0 – 2,5	0,7	< 1,2	1 – 5
Nhiệt độ dung dịch, °C	50	50	50	50

Tỷ lệ diện tích anot/catot S_a/S_c = 1/2 đến 2/3.

Anot có độ tinh khiết kỹ thuật (xem mục 13.1).

Điện thế nguồn: 6 V.

Dung dịch loãng có khả năng phân bố tốt hơn, dùng mạ các vật phức tạp.

Sn^{4+} làm lớp mạ nhẵn, sáng. Chế Sn^{4+} (ở dạng Na_2SnO_3): dùng 2 ml H_2O_2 sẽ oxy hóa được Sn^{2+} thành 1 g Na_2SnO_3 (dùng thay cho $SnCl_4$).

Polyetylenimin cho phép dùng mật độ dòng cao, lớp mạ trắng.

Pha chế dung dịch zincat: Cân hóa chất, hòa tan NaOH vào nước, đun nóng đến 90 – 100 °C. ZnO hay $Zn(OH)_2$ mới chế hòa thành bột nhão rồi từ từ rót vào dung dịch NaOH, khuấy cho đến khi tan hết. Thêm nước đến thể tích đã tính toán. Lọc dung dịch vào bể mạ. Thêm các cấu tử còn lại. Lấy mẫu đem phân tích, đồng thời mạ xử lý với i_c = 0,1 – 0,2 A/dm² cho đến khi được lớp mạ sáng. Sau khi phân tích điều chỉnh lại nồng độ nếu cần.

Bảng 5.11. Sự cố thường gặp khi mạ kẽm từ dung dịch zincat

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp mạ kẽm mờ, đen, sần sùi	Dung dịch hết Sn^{4+} nhưng còn Sn^{2+}. Thêm H_2O_2 vào dung dịch để oxy hóa Sn^{2+} thành Sn^{4+}.
Lớp mạ tối, nhám, sinh cây	1. Thiếu Sn^{4+}. Lọc dung dịch và thêm $SnCl_4$ hay Na_2SnO_3. 2. Thiếu ion Zn^{2+}. Thêm ZnO vào dung dịch. 3. Mật độ dòng điện catot cao. Giảm bớt. 4. Nhiệt độ dung dịch thấp. Nâng lên 50 – 55 °C.
Lớp mạ phân bố không đều, chỗ không được mạ bị xám	Treo vật mạ quá dày, che khuất lẫn nhau. Thay đổi lại cách treo.
Lớp mạ bị lỗi	1. i_c quá bé do hai cực chạm nhau. Chữa lại. 2. Dung dịch lẫn chất oxy hóa như H_2O_2 , NO_3^-... Mạ xử lý.
Anot bị thụ động, có khí oxy thoát ra	1. Thiếu NaOH . – Tăng NaOH lên. 2. Mật độ dòng anot i_a quá cao. Giảm i_a bằng cách treo, thêm anot, hoặc giảm bớt vật mạ.

5.1.4. Mạ kẽm từ dung dịch amoniacat

Dùng mạ cho các vật có hình dáng phức tạp, lớp mạ mịn (gần bằng mạ từ dung dịch xyanua). Không độc; mạ được ở nhiệt độ phòng.

Kẽm tồn tại dưới dạng phức $Zn(NH_3)_2Cl_2$. Ở pH < 7 và có hằng số không bền $K = 2.10^{-10}$. Ở pH > 7 tồn tại dưới dạng $Zn(NH_3)_4Cl_2$. Ở pH < 5 phức không tồn tại.

Điện thế tiêu chuẩn của ion phức $Zn(NH_3)_2^{2+}$ là – 1,05 V.

Độ hòa tan của ZnO trong NH_4Cl bão hòa ở 20 °C là 0,18 M , tức ≈ 11,8 g Zn^{2+}/lít.

Các dung dịch này chứa nhiều ion Cl^- nên sau khi mạ phải rửa sạch để tránh gây gỉ về sau, nhất là mạ trong dung dịch 5 (bảng 5.12).

Dùng $ZnSO_4$ thay cho ZnO hay $ZnCl_2$ để pha dung dịch cũng cho lớp mạ tốt nhưng dung dịch mạ hay biến động, không ổn định.

H_3BO_3 và CH_3COONH_4 là các chất đệm, nhưng không đổi lẫn được cho nhau.

Urotropin $C_6H_{12}N_4$ và gelatin hay keo da là những chất làm lớp mạ mịn, sáng, phân bố tốt.

Liconda ZnSR A và B là tên thương mại của chất bóng, được bán trên thị trường.

Anot dùng loại tinh khiết kỹ thuật (xem mục 13.1).

Nguồn điện 6V cho mạ tĩnh, treo; 12 V cho mạ trong thùng quay.

Dung dịch 5 mạ dây thép, băng thép... trong các máy mạ liên hợp với i_c rất lớn nên phải đối lưu dung dịch mạnh bằng cách tuần hoàn dung dịch hay sục khí vào dung dịch.

Bảng 5.12. Các dung dịch mạ kẽm amoniacat

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	Dung dịch mạ amoniacat						
	1	2	3	4	5	6	7
ZnO	30 – 35	12 – 15	100	35 – 40	–	–	–
$ZnCl_2$	–	–	–	–	135 – 150	20 – 80	40 – 120
NH_4Cl	200	240 – 260	300	200 – 220	20 – 25	180 – 240	180 – 220
H_3BO_3	–	20 – 25	–	–	–	–	–
CH_3COONH_4	–	–	–	80 – 100	–	–	–
NaCl	–	–	–	–	200 – 230	–	–
Urotropin	–	–	–	20 – 25	–	–	–
Gelatin	1	1 – 2	5 – 6	–	–	–	–
Liconda ZnSR A	–	–	–	–	–	30 – 70(1)	30 – 70 (1)
Liconda ZnSR B	–	–	–	–	–	5 – 15(1)	3 – 5 (1)
i_c, A/dm^2	1,5 – 2	0,5 – 1,5	2 – 4	1 – 3	50	0,5 – 1,5	0,5 – 5
Nhiệt độ, °C	20 – 40	20 – 35	20 – 25	20 – 35	40 – 60	15 – 30	15 – 30
pH	6,5 – 8	5,8 – 7,5	7,8 – 8,4	7,8 – 8,2	3 – 4	4,5 – 6	4,5 – 6
H, %	≈ 100	90 – 98	90 – 98	90 – 98	90 – 95	92 – 98	92 – 98
Ứng dụng	Mạ treo	Mạ quay	Mạ tĩnh	Mạ lò xo, nhíp	Mạ dây, thép tấm	Mạ quay bóng	Mạ bóng

Chú thích: (1) Liconda tính theo ml/l.

Pha chế dung dịch: NH_4Cl hòa tan sẽ thu nhiệt nên phải hòa tan chúng trong nước nóng 50 – 60 °C. ZnO hòa với nước thành bột nhão rồi cho từ từ vào dung dịch NH_4Cl nóng và khuấy liên tục cho đến khi tan hết. Để hòa tan được nhanh nên cho ZnO vào HCl (đã pha loãng với nước theo tỷ lệ 1 : 1) cho tan trước rồi mới rót vào dung dịch NH_4Cl. hòa tan H_3BO_3 riêng vào nước 60 – 70 °C rồi đổ chung vào. Các chất còn lại cũng phải hòa tan trước rồi mới trộn chung lại. Thêm nước đến thể tích đã tính toán, lọc dung dịch vào bể mạ. Mạ xử lý với i_c = 0,25 – 5 A/dm^2 cho đến khi được lớp mạ trắng, sáng. Nếu hóa chất ZnO lẫn nhiều Pb, Cu, Fe... thì phải mạ xử lý khá lâu, thường phải đạt trên 2 – 3 Ah/l mới được lớp mạ tốt.

Chú ý: Urotropin hòa tan trong nước nguội. Gelatin phải ngâm 1 – 2 ngày cho trương lên rồi đun cách thủy đến 60 – 70 °C cho tan hết. Các chất bóng cho trực tiếp vào dung dịch.

Bảng 5.13. Sự cố thường gặp trong mạ kẽm amoniacat

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp mạ tối, nhám	1. Dung dịch lẫn nhiều Pb, Cu, Fe. Mạ xử lý 0,25 – 0,5 A/dm^2 2. Thiếu keo, gelatin. Bổ sung.
Lớp mạ thô, nhám, lỏi	1. Thiếu gelatin. Bổ sung. 2. Thiếu NH_4Cl so với ZnO. Bổ sung thêm NH_4Cl.
Thoát nhiều bọt khí	1. Các cực anot và catot quá gần nhau. Đặt xa ra. 2. Nồng độ kẽm thấp. Bổ sung.
Lớp mạ bị gai, nhám, u bướu trắng	1. Anot sinh nhiều mùn. Thay anot tốt hơn. 2. Dung dịch nhiều cặn bẩn. Lọc lại dung dịch.
Kêt tủa trắng bám lên thành bể và anot	Nồng độ muối kẽm lớn và nhiệt độ thấp. Tăng nhiệt độ và pha loãng dung dịch bằng nước.
Lớp mạ bị đen	Nhiệt độ dung dịch quá cao. Giảm bớt.
Kết tủa muối kẽm nhiều dưới đáy bể	pH dung dịch thấp quá. Điều chỉnh lại pH.
Lớp mạ cháy cạnh, xùi ở bìa, mép	1. Mật độ dòng điện quá lớn. Giảm bớt. 2. Nhiệt độ dung dịch quá thấp. Tăng thêm nhiệt độ. 3. Nồng độ dung dịch quá loãng. Phân tích và bổ sung.

5.1.5. Mạ kẽm từ dung dịch pyrophotphat

Dung dịch có khả năng phân bố lớn, mạ được cho các vật có hình dạng khá phức tạp. Không độc hại.

Một số dung dịch mạ kẽm pyrophotphat được kê trong bảng 5.14.

Zn tồn tại dưới dạng phức $Na_6[Zn(P_2O_7)_2]$, được sinh ra khi hòa tan $ZnSO_4$ trong $Na_4P_2O_4$ dư.

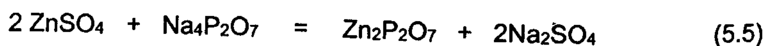
Anot kẽm dễ bị thụ động, nhất là ở nhiệt độ thấp do bị phủ màng muối khó tan.

Tỷ lệ diện tích anot/catot $S_a/S_c > 2 - 3$.

Các muối chứa NH_4^+ có tác dụng chống thụ động anot.

$K_4P_2O_7$, K_2HPO_4 có độ hòa tan lớn hơn, cho dung dịch có nồng độ phức cao hơn, dùng được mật độ dòng cao hơn, ít gây thụ động anot hơn. Còn $Na_4P_2O_7$, Na_2HPO_7 thì ngược lại.

Pha chế dung dịch: hòa tan natri hay kali pyrophotphat bằng nước 70 – 80 °C. Hòa tan riêng $ZnSO_4$ cũng bằng nước nóng. Đổ từ từ hai dung dịch trên vào nhau và khuấy liên tục. Thoạt đầu sinh ra kết tủa kẽm pyrophotphat, sau đó phản ứng tiếp với pyrophotphat dư thành phức tan:



$$2\,ZnSO_4 + Na_4P_2O_7 = Zn_2P_2O_7 + 2Na_2SO_4 \quad (5.5)$$



$$Zn_2P_2O_7 + 3\,Na_4P_2O_7 = 2\,Na_6[Zn(P_2O_7)_2] \quad (5.6)$$

Bảng 5.14. Dung dịch mạ kẽm pyrophotphat

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch pyrophotphat mạ kẽm*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
$ZnSO_4.7H_2O$	50 – 60	60 – 70	35 – 40	90 – 100	54 – 60
$K_4P_2O_7.3H_2O$	–	300 – 330	140 – 150	300 – 350	–
$Na_4P_2O_7.10H_2O$	180 – 200	–	–	–	190 – 240
$(NH_4)_2HPO_4$	16 – 20	45 – 55	–	–	18 – 20
Na_2HPO_4	–	–	50	–	–
NH_4Cl	3 – 5	–	–	50 – 60	–
Dextrin	3 – 5	–	10	1,3 – 30	5
Axit sunfanilic	–	0,1 – 0,5	–	–	–
i_c, A/dm^2	1 – 2	2 – 5	0,3 – 1,0	0,8 – 1,2	1 – 5
i_a, A/dm^2	–	0,5 – 1,0	–	–	0,7 – 1,2
Nhiệt độ, °C	50 – 55	20 – 30	15 – 30	18 – 25	50 – 55
pH	8,0 – 8,3	8,5 – 9,0	11,2 – 11,6	7,5 – 8,5	84 – 89
Hiệu suất dòng *H*, %	75 – 95	83 – 92	95	85 – 95	–
Ư'ng dụng	Mạ mờ	Mạ bóng	Mạ tĩnh; mạ quay	–	Anot ít bị thụ động

Để nguội dung dịch, gạn lọc dung dịch vào bể mạ và loại bỏ cặn (là K_2SO_4 hay Na_2SO_4 kết tinh). Hòa tan riêng các cấu tử còn lại và lọc vào bể. Thêm nước đến thể tích đã định. Điều chỉnh pH bằng NaOH loãng hay H_3PO_4 loãng; mạ thử.

Bảng 5.15. Sự cố khi mạ kẽm pyrophotphat

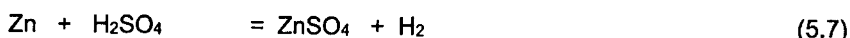
Sự cố	*Nguyên nhân và cách chữa*
Không tăng được mật độ dòng điện	Anot bị thụ động. Thêm chất chống thụ động NH_4Cl...; tăng nhiệt độ dung dịch lên; tăng thêm diện tích anot.
Mạ ăn chậm, khí thoát nhiều trên catot	Hiệu suất dòng điện bé. Nồng độ kẽm thấp, cần bổ sung; pH thấp, cần điều chỉnh bằng NaOH.
Lớp mạ bị cháy cạnh	1. Mật độ dòng catot lớn. Cần điều chỉnh lại. 2. Nhiệt độ dung dịch thấp. Cần duy trì đúng nhiệt độ đã định. 3. Dung dịch đặc loãng không đều. Cân khuấy dung dịch.
Dung dịch thoát mùi khai amoniac	pH dung dịch lớn. Chỉnh lại bằng H_3PO_4.

5.1.6. Hoàn thiện lớp mạ kẽm

Lớp mạ kẽm dùng lâu ngày trong không khí sẽ bị phủ lớp $ZnCO_3.Zn(OH)_2$ lốm đốm trắng làm xấu lớp mạ. Để khắc phục hiện tượng này đồng thời nâng cao thêm khả năng bảo vệ hoặc khả năng trang sức, sau khi mạ phải hoàn thiện lớp mạ kẽm (lớp mạ cađimi cũng vậy).

Cromat hoá

Khi nhúng lớp mạ kẽm vào dung dịch axit cromic, dung dịch cromat hay dung dịch bicromat sẽ xảy ra nhiều phản ứng với kẽm và cho các sản phẩm có nhiều màu sắc tạo thành lớp màng mỏng 0,25 – 0,5 μm trên mặt lớp mạ làm tăng khả năng bảo vệ hay trang sức cho nó. Các phản ứng đó như sau:



$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \quad (5.7)$$



$$2Na_2Cr_2O_7 + 3H_2 = 2Cr(OH)_3 + 2Na_2CrO_4 \quad (5.8)$$



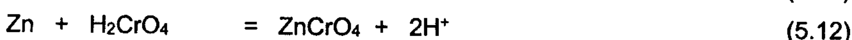
$$Na_2CrO_4 + 2Cr(OH)_3 = Cr(OH)_3 + Cr(OH)CrO_4 + 2NaOH \quad (5.9)$$



$$ZnSO_4 + Na_2CrO_4 = ZnCrO_4 + Na_2SO_4 \quad (5.10)$$



$$2Cr(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O \quad (5.11)$$



$$Zn + H_2CrO_4 = ZnCrO_4 + 2H^+ \quad (5.12)$$



$$2Zn + 2Cr_2O_7^{2+} + 6H^+ = 2ZnCrO_4 + Cr_2O_3 + 3H_2O \quad (5.13)$$

$ZnSO_4$ có màu trắng, $Cr(OH)_3$ màu lục nhạt, Na_2CrO_4 vàng cam, $Cr(OH)CrO_4$ vàng chanh, $ZnCrO_4$ hoàng yến, Na_2SO_4 trắng, $Cr_2(SO_4)_3$ lục, H_2CrO_4 nâu, $Cr_2O_7^{2+}$ màu cá vàng, Cr_2O_3 xanh lục...

Vì vậy màu sắc của màng phụ thuộc vào *thành phần màng* và *chiều dày màng*.

Tăng dần chiều dày màng sẽ lần lượt biến đổi từ *trắng → trắng xanh → lục → ngũ sắc*..

Tăng nồng độ crom, thời gian, nhiệt độ, khuấy sẽ làm tăng chiều dày và do đó làm thay đổi màu sắc từ trắng sang trắng xanh, rồi lục, vàng và cuối cùng là ngũ sắc.

Ngược lại tăng nồng độ HNO_3 trong dung dịch sẽ làm giảm chiều dày màng và có xu hướng đổi màu theo hướng ngược lại.

Bảng 5.16. Các dung dịch cromat hóa lớp mạ kẽm

Thành phần (g/l) và chế độ cromat hoá	*Dung dịch cromat hóa kẽm*						
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
CrO_3	150	100 – 150	8 – 25	10	–	–	–
$Na_2Cr_2O_7$	–	–	–	–	15 – 25	200	225 – 275
H_2SO_4 (1,84), ml/l	20	3 – 7	–	0,5	–	10	4 – 5
HNO_3 (1,41), ml/l	20	0,75 – 1,0	1,5 – 3	–	10 – 20	–	70 – 77
HCOOH, ml/l	–	–	–	24	–	–	–
Na_2SO_4 khan	–	–	6 – 10	–	10 – 20	–	4 – 6
Nhiệt độ, °C	15 – 25	18 – 25	18 – 25	15 – 20	15 – 25	18 – 25	15 – 25
Thời gian, s	5 – 10	5 – 15	3 – 5	5 – 10	15 – 60	3 – 10	10 – 30

Chú thích: Dung dịch 1 và 6 dùng để thụ động lớp mạ từ dung dịch xyanua;
Dung dịch 2 dùng để thụ động lớp mạ từ dung dịch axit;
Dung dịch 3 cho màng bền cơ, nhiệt;
Dung dịch 4 cho màng rất bền ăn mòn;
Dung dịch 7 cho màng sáng.
Cromat hóa từ dung dịch 5 phải khử giòn trước cho lớp mạ.

Màng trắng ứng với chiều dày bé nhất, đẹp nhưng bảo vệ kém.

Màu ngũ sắc ứng với chiều dày lớn, không đẹp lắm nhưng bảo vệ tốt nhất.

Màng còn ướt dễ hỏng, sấy khô ở 60 °C cho màng đanh, bảo vệ tốt. Sấy trên 70 °C màng bị nứt, bảo vệ kém.

Bảng 5.16 kê một số dung dịch cromat hóa kẽm.

Trước hay sau thụ động, trong dung dịch cromat có thể xử lý thêm lớp mạ bằng một trong các dung dịch sau:

– Để lớp mạ được sáng hơn: HNO_3 10 – 30 g/l, nhiệt độ phòng, τ 5 – 15 s.

– Để lớp mạ sáng, ánh: CrO_3 100 – 150 g/l, HNO_3 50 – 70 g/l, H_2SO_4 8 – 10 g/l, nhiệt độ phòng, τ 2 – 5 s.

– Để lớp mạ trắng, mất màu ngũ sắc: NaOH 22 g/l, Na_2CO_3 15 – 22 g/l, nhiệt độ phòng, τ 10 – 15 s.

– Để lớp mạ sáng, ánh, mất màu ngũ sắc: CrO_3 150 g/l, nhiệt độ phòng, τ 10 – 15 s.

Bảng 5.17. Cromat hóa kẽm bằng các chế phẩm tổng hợp

Thành phần (g/l) và chế độ	*Một số dung dịch cromat hóa mới*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Liconda 1	70 – 80	–	–	–	–	–
Liconda 21	–	40 – 50	–	–	–	–
Udychro 730	–	–	4 – 6	–	–	–
Udychro 754	–	–	–	7,5	–	–
Udychro 779	–	–	–	–	3 – 4	–
Udychro 775 và 776	–	–	–	–	–	10% V +10% V
HNO_3	–	2 g/l	1,5 – 2,5% V	pH1,2 – 1,8	pH 1,4 – 1,7	–
H_2SO_4 đến pH	1,6 – 1,8	1,5 – 1,8	(pH 0,8 – 1,2)	–	–	1,3
Nhiệt độ, °C	15 – 20	15 – 35	15 – 20	21 – 32	18 – 25	18 – 30
Thời gian, s	20 – 40	15 – 120	5 – 15	5 – 30	15 – 30	30 – 150
Màu sắc màng	Ngũ sắc	Sáng xanh	Sáng xanh	Vàng	Xanh như crom	Đen bóng

Hiện trên thị trường có bán các chế phẩm tổng hợp để hoàn thiện lớp mạ kẽm (bảng 5.17) khá tiện dụng, cho chất lượng cao.

Các hiện tượng hư hỏng thường gặp khi cromat hóa được kê trong bảng 5.18.

Mạ kẽm xyanua xong vật mạ và lớp mạ bị cứng và giòn. Khử cứng, giòn bằng cách ủ nhiệt cho vật đã mạ ở 180 – 200 °C trong 2 – 3 h.

Bảng 5.18. Sự cố thường gặp khi cromat hóa kẽm

Sự cố	*Nguyên nhân và cách chữa*
Màu loang lổ, lốm đốm	Dung dịch loãng quá. Bổ sung thêm hóa chất. Không khuấy, lắc khi thụ động. Cần đu đưa, khuấy dung dịch.
Không có màu của màng thụ động	Thiếu axit. Cần chỉnh đúng pH quy định.
Màng nâu sẫm, dễ tuột	Thiếu axit. Chỉnh lại pH. Thời gian thụ động quá lâu. Giảm thời gian
Màng có màu xanh nhạt	Nồng độ cromat hay bi cromat thấp. Tăng nồng độ. Nhiều HNO_3 . Tăng nồng độ cromat và chỉnh lại pH. Thụ động quá nhanh. Tăng thời gian và khuấy khi thụ động.
Lớp mạ bị mòn nhiều	Thừa axit. Thêm cromat, pha loãng để chỉnh lại pH.
Màng lấm tấm đen	Lớp mạ kẽm quá mỏng. Mạ dày thêm và thụ động nhanh hơn. Dung dịch mạ lẫn nhiều kim loại nặng, nhất là đồng. Mạ xử lý.
Nhiều chỗ không có màng thụ động	Bề mặt lớp mạ bẩn. Làm sạch bề mặt trước khi thụ động. Mạ xong để lâu không thụ động ngay. Hoạt hóa trong HNO_3 2 – 3% trước khi thụ động. Thiếu axit trong dung dịch thụ động. Chỉnh lại pH.

Photphat hóa lớp mạ kẽm

Photphat hóa để tạo ra màng bảo vệ màu xám làm tăng độ gắn bám lớp sơn lên lớp mạ kẽm.

Có nhiều loại dung dịch photphat hoá. Sau đây là một dung dịch hay dùng, gồm: ZnO 20 – 35 g/l + H_3PO_4 20 – 30 g/l + $NaNO_2$ 1,5 – 2 g/l, nhiệt độ 15 – 30 °C, thời gian 20 – 40 ph, cho màng dày 5 – 9 μm.

5.1.7. Bóc lớp mạ kẽm hỏng

Bóc lớp thụ động hỏng: Tẩy trong HNO_3 3%.

Bóc lớp mạ kẽm hỏng: Tẩy trong HCl 5 – 10% + Sb^{3+} 3 – 5 g/l.

Hoặc tẩy trong NaOH 10 – 15%, nền thép không bị mòn.

Hoặc tẩy trong H_2SO_4 5 – 10% ở nhiệt độ phòng.

Lớp mạ kẽm hỏng cục bộ có thể "vá" bằng lớp "sơn kẽm", không cần bóc bỏ. Đó là một loại dung dịch hữu cơ giàu kẽm, được phun, quét hay lăn lên vùng lớp mạ kẽm hỏng, sau khi khô sẽ được lớp phủ chứa từ 90 – 95% Zn và có màu xám sáng của kẽm truyền thống. Loại chế phẩm sơn kẽm này đã có mặt tại Việt Nam như ZRC Worldwide (Mỹ), Zinc Guard (Uc) hoặc của Nhật, của Hàn quốc.

5.2. MẠ CAĐIMI

Cađimi, ký hiệu Cd, là kim loại xám, sáng, tương đối dẻo, chịu cán, kéo, ép, dập, nong, ren... rất tốt. Trọng lượng nguyên tử Cd là 112,41, luôn có hóa trị 2, đương lượng hóa học 56,2, đương lượng điện hóa 2,214 g/Ah; trọng lượng riêng γ = 8,6; nhiệt độ nóng chảy 321 °C. Độ cứng lớp mạ Cd là 0,6 – 1,5 GPa (60 – 153 kg/mm²). Điện trở riêng 0,076. 10^{-6} Ωm. Điện thế tiêu chuẩn của Cd là –0,40 V, xấp xỉ với điện thế tiêu chuẩn của Fe (–0,44 V), vì vậy tính chất bảo vệ của Cd đối với thép phụ thuộc nhiều vào điều kiện môi trường làm việc. Khác với kẽm, cađimi không hòa tan trong kiềm, còn trong axit thì bền hơn kẽm. Cd hòa tan mạnh trong HNO_3. Trong không khí bão hòa hơi nước biển, trong sương muối mù, lớp mạ Cd chống ăn mòn tốt hơn lớp mạ kẽm. Ngược lại trong không khí có nhiễm sunfua, sunfit (khí công nghiệp), lớp mạ Cd lại bảo vệ sắt thép không bằng kẽm.

Có thể mạ Cd lên thép, đồng, nhôm và các hợp kim của chúng. Chiều dày lớp mạ thường từ 5μm đối với điều kiện ăn mòn yếu (Y), đến 12 – 18 μm đối với ăn mòn vừa (V); trường hợp ăn mòn mạnh (M) có thể mạ đến 30 – 40 μm. Đối với ốc, vít, các chi tiết lắp ghép chặt, mạ dày 7 – 15 μm.

Tốc độ mạ (hay chiều dày lớp mạ) cađimi trong mọi dung dịch đều tính theo công thức 5.1 hoặc tra bảng 5.19.

Bảng 5.19. Tốc độ mạ cađimi trong các dung dịch (μm/h)

Mật độ dòng i_c, A/dm²	*Hiệu suất dòng điện H, %*					
	75	*80*	*85*	*90*	*95*	*100*
0,5	9,1	9,7	10,3	10,9	11,5	12,1
1,0	18,2	19,4	20,6	21,8	23,1	24,2
2,0	36,4	38,7	41,1	43,6	46,2	48,4
3,0	54,6	58,3	62,0	65,4	69,3	72,6
4,0	72,8	77,6	82,5	87,2	92,4	98,8
5,0	91,0	98,0	103,0	109,0	115,0	121,0
6,0	109,2	116,6	124,0	130,8	138,6	145,2
7,0	127,4	136,0	144,6	152,6	161,7	169,4
8,0	145,6	155,2	163,0	174,4	184,8	197,6
9,0	163,8	175	186	196	198	218
10,0	182,0	194	206	218	231	242

Mạ Cd trong dung dịch có hiệu suất dòng điện thấp sẽ bị giòn hydro, khử giòn làm giống như đối với lớp mạ kẽm (mục 5.1.6). Mạ Cd cũng tiến hành trong các dung dịch đơn: sunfat, floborat... và trong dung dịch phức: xyanua, amoniacat, pyrophotphat... như mạ kẽm.

Cũng như mạ kẽm, mạ cađimi xong phải qua khâu hoàn thiện, tạo màng cromat thụ động trên bề mặt, tăng tính bảo vệ cho lớp mạ Cd.

5.2.1. Mạ cađimi từ dung dịch sunfat

Chỉ mạ cho các vật có hình dạng đơn giản. Hiệu suất dòng điện cao. Bảng 5.20 kê một số dung dịch sunfat mạ cađimi.

Tỷ lệ diện tích anot/catot S_a/S_c = 2/1.

Anot là cađimi tinh khiết kỹ thuật (xem mục 13.1).

Điện thế nguồn: 4 – 6 V đối với mạ tĩnh; 6 – 12 V đối với mạ quay.

Bảng 5.20. Dung dịch sunfat mạ cađimi

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch sunfat mạ cađimi*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$CdSO_4.8/3H_2O$	50 – 60	350 – 380	–	–	–	32 – 64
$CdCl_2$	–	–	40 – 50	–	–	–
CdO	–	–	–	15 – 30	10 – 12	–
H_2SO_4	–	–	–	38 – 75	25 – 30	–
$(NH_4)_2SO_4$	30 – 35	–	–	–	–	–
NH_4Cl	–	–	200 – 280	–	–	–
NaCl	–	–	30 – 40	–	–	–
$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$	25 – 30	–	–	–	–	50 – 100
H_3BO_3	–	10 – 20	–	–	–	–
Gelatin	0,5 – 0,7	1	1 – 2	–	–	–
DS – 10	–	–	–	–	–	10
DSU	–	–	–	–	–	10
BK – 10, ml/l	–	–	–	15 – 30	10 – 12	–
Tioure NH_2CSNH_2	–	–	7 – 10	–	–	–
pH	3,5 – 5,5		4,0 – 4,5	3 – 5	3 – 5	3 – 5
Nhiệt độ, °C	15 – 25	35 – 40	20 – 40	15 – 25	15 – 25	18 – 25
Mật độ dòng, A/dm²						
– Có khuấy	1 – 2	30 – 150	–	1 – 4	0,5 – 1,5	4 – 5
– Không khuấy	0,5 – 1	–	0,8 – 1,2	–	–	–
Hiệu suất dòng, %	97 – 98	95	–	–	–	–
Ứng dụng	Phổ biến	Mạ dây tự động	Mạ nhíp, bề mặt có thấm than	Mạ treo, bóng	Mạ quay, bóng	Mạ bóng nhanh

Cấu tử chính là cađimi sunfat $CdSO_4.8/3\ H_2O$, có độ hòa tan 430 g/l ở nhiệt độ thường. Có thể dùng CdO hòa tan trong H_2SO_4 để được cađimi sunfat.

Nhôm sunfat hay amoni sunfat làm tăng độ dẫn điện cho dung dịch, cho lớp mạ sáng hơn. Chúng cùng với axit boric làm tăng tính đệm, ổn định pH cho dung dịch.

Chất hoạt động bề mặt (keo da, gelatin...) cho lớp mạ mịn, đẹp hơn.

Chất bóng DS – 10, DSU, BK – 10... do các hãng sản xuất và cung cấp.

Pha chế dung dịch: hòa tan riêng từng cấu tử, lắng, lọc chung vào bể mạ. thêm nước đến thể tích đã định. Chỉnh pH và mạ xử lý với i_c = 0,3 – 0,8 A/dm^2 cho đến khi được lớp mạ trắng (khoảng 9 – 10 h). Thêm chất hoạt động bề mặt, chất bóng và bắt đầu sản xuất.

Bảng 5.21. Những sự cố khi mạ cađimi từ dung dịch sunfat

Sự cố	*Nguyên nhân và cách chữa*
Có vệt sáng trên mặt lớp mạ	Dung dịch lẫn ion Ni^{2+}, Co^{2+}. Mạ xử lý với i_c 0,3 – 0,8 A/dm^2 trong 9 – 10 h hay cho đến khi được lớp mạ tốt.
Lớp mạ bị xùi, đen	1. pH cao – Điều chỉnh lại bằng H_2SO_4 loãng. 2. Dung dịch lẫn Cu^{2+}, Sb^{3+}... Mạ xử lý với i_c = 0,2 – 0,5 A/dm^2 cho đến khi được lớp mạ tốt. 3. Mật độ dòng điện cao quá. Hạ bớt. 4. Thiếu gelatin hay keo da. Bổ sung thêm.
Khí thoát mạnh, mạ ăn chậm	Do pH quá thấp. Chỉnh lại bằng NaOH loãng.

5.2.2. Mạ cađimi từ dung dịch floborat

Mạ cho vật có hình dạng đơn giản (khả năng phân bố tốt hơn dung dịch sunfat).

Thành phần chính của dung dịch là cađimi floborat. Có thể tự chế lấy từ CdO và HBF_4 theo tỷ lệ: 44,9 g CdO tác dụng với 61,4 g HBF_4 sẽ được 100 g $Cd(BF_4)_2$.

HBF_4 dùng để điều chỉnh pH. Có thể tự chế nó theo mục 5.1.1.

NH_4F và NH_4BF_4 để tăng độ dẫn điện, ổn định dung dịch (chế theo mục 5.1.1).

H_3BO_3 là chất đệm giữ ổn định pH.

Các chất còn lại là phụ gia, chất hoạt động bề mặt... cải thiện chất lượng lớp mạ.

Bảng 5.22. Dung dịch floborat mạ cađimi

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch floborat mạ cađimi*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$Cd(BF_4)_2$	140	200 – 220	143 – 286	143	145	250
NH_4BF_4	–	40	–	105	35	90
NH_4F	–	–	20 – 40	–	–	–
HBF_4	35 – 40	–	chỉnh pH	44	–	–
H_3BO_3	–	20 – 25	–	–	–	–
$Pb(OH)_2.2PbCO_3$	–	–	0,06	–	–	–
Natri – βnaphtylamin – sunfonat	–	1	–	–	–	–
Gelatin	1 – 2	–	1	–	1	–
DSU	–	–	–	2 – 3	–	–
pH	3 – 4	3,5 – 4	3 – 4	–	–	2,5 – 3
i_c, A/dm^2						
– Không khuấy	3 – 8	–	2,5 – 5,5		1 – 3	3
– Có khuấy	5 – 12	2 – 6		4 – 5		
Nhiệt độ, °C	20 – 50	Phòng	Phòng	Phòng	Phòng	Phòng
Hiệu suất dòng *H*, %	96 – 98	–	–	–	–	–
Ứng dụng	Mạ ăn sâu	Mạ quay	Mạ thép Cr; $NiCr$	Mạ treo	Mạ treo di động	Phổ biến

Pha chế dung dịch: Làm tương tự như khi pha dung dịch sunfat. Hòa tan riêng từng cấu tử trong nước ấm. Lắng, lọc vào bể mạ. Thêm nước đến thể tích quy định. Keo, gelatin phải ngâm nước nguội 1 – 2 ngày cho trương rồi đun cách thủy cho tan hết. Các chất phụ gia, chất hoạt động bề mặt... phải hòa tan riêng trong nước ấm, rót vào dung dịch mạ và khuấy đều. Mạ xử lý bằng catot lượn sóng, đồng thời sục mạnh khí vào dung dịch 2 – 3 h. Điều chỉnh lại pH và bắt đầu mạ.

Sự cố và cách khắc phục tương tự như dung dịch sunfat.

5.2.3. Mạ cađimi từ dung dịch xyanua

Cho lớp mạ dày đều trên các vật có hình thù phức tạp. Lớp mạ mịn, gắn chắc.

Tốc độ mạ tính theo công thức 5.1 hay tra bảng 5.19.

Cd^{2+} tồn tại dưới dạng phức $Na_2[Cd(CN)_4]$, được sinh ra khi hòa tan CdO hay $Cd(OH)_2$ vào $NaCN$. Phải dùng dư lượng $NaCN$, lượng dư này gọi là xyanua tự do, đảm bảo cho phức được bền vững và khả năng phân bố được cao.

Nồng độ Cd^{2+} dùng càng cao, hiệu suất dòng điện càng lớn và cho phép dùng mật độ dòng điện catot càng cao.

Khi nồng độ Cd^{2+} trong dung dịch quá cao, cần giảm bớt bằng cách thay một số anot Cd bằng anot thép; anot thép không tan trong dung dịch này nên nồng độ Cd^{2+} sẽ dần dần giảm xuống theo quá trình mạ.

Bảng 5.23a. Dung dịch xyanua mạ cađimi

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch xyanua mạ cađimi*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
CdO	25 – 40	41	40 – 45	50 – 51	165	18 – 26
NaCN (tổng)	80 – 130	120 – 150	90 – 120	90 – 120	675	80 – 130
NaOH	20 – 30	15 – 20	–	–	–	–
$Na_2SO_4.10H_2O$	40 – 60	50	40 – 50	50	–	–
$NiSO_4.7H_2O$	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,6	1 – 1,5	–	–
Dextrin	2 – 5	–	–	–	–	–
Dầu thầu dầu sunfo hoá	–	8 – 10	10 – 12	–	–	–
BK – 2S, ml/l	–	–	–	–	–	18 – 20
Nhiệt độ, °C	20 – 30	18 – 40	Phòng	18 – 50	Phòng	Phòng
Mật độ dòng, A/dm^2						
– Mạ quay	0,5 – 1,0				–	0,8 – 1,2
– Mạ tĩnh	1,0 – 2,0	1,0 – 2,0	1,5	1,5 – 2,5	–	1,0 – 2,0
Dòng đổi chiều						
i, A/dm^2	3,5	–	–	–	4,3 – 6,5	–
τ_c / τ_a, s	5 / 1	–	–	–	15 / 2,5	–
Hiệu suất dòng *H*, %	90 – 95	95	90 – 95	90 – 95	90 – 95	90 – 95
Ứng dụng	Mạ quay, tĩnh, đổi chiều	Lớp mạ nhẵn, tẩy sẽ bóng	Lớp mạ sáng bóng	Mạ mờ	Mạ nhanh	Mạ bóng, ăn sâu

Tỷ lệ diện tích anot/catot: $S_a/S_c = 2/1$.

Anot: cađimi và thép.

Điện thế nguồn: 6 V đối với mạ treo, tĩnh; 6 – 12 V đối với mạ quay.

NaOH để tăng độ dẫn điện dung dịch và cho lớp mạ sáng, thường dùng trong giới hạn 15 – 30 g/l.

Na_2SO_4 để ổn định dung dịch. Thường dùng trong giới hạn 30 – 60 g/l.

Dextrin cho lớp mạ mịn, trắng.

$NiSO_4$, dầu thầu dầu sunfo hoá, Limeda BK – 2S... làm bóng lớp mạ.

Tạp chất có hại: Fe, Pb, Ag, Sn, Sb, Bi phải nhỏ hơn 0,05 g/l, riêng As phải nhỏ hơn 0,005 g/l.

Dung dịch bị cacbonat hóa dần, nồng độ cho phép của Na_2CO_3 nhỏ hơn 100 g/l.

Loại Ag, Sn bằng bột kẽm hay phôi kẽm cho vào dung dịch, ngâm 8 – 16 h, lọc rồi mạ xử lý với i_c = 0,3 – 0,5 A/dm^2 cho đến khi được lớp mạ tốt.

Loại Pb và các kim loại nặng khác bằng Na_2S thành dạng kết tủa, lọc, mạ xử lý.

Loại bỏ tạp chất hữu cơ bằng cách lọc qua than hoạt tính rồi mạ xử lý với i_c = 0,5 – 1 A/dm^2 cho đến khi được lớp mạ tốt.

Bảng 5.23b. Hư hỏng thường gặp khi mạ cađimi xyanua

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp mạ xám	Dung dịch lẫn Sn, Cu, Sb. Mạ xử lý với i_c = 0,2 – 0,5 A/dm^2.
Catot và anot đều xám	Thiếu xyanua và kiềm. Bổ sung.
Lớp mạ giòn, khí thoát nhiều trên catot	1. Lẫn tạp chất hữu cơ. Lọc qua than hoạt tính rồi mạ xử lý với i_c = 0,5 – 1 A/dm^2. 2. Thừa NaCN. Thêm CdO cho cân bằng. 3. Thiếu Cd^{2+}. Thêm CdO. 4. Thừa NaOH. Thêm CdO và NaCN cho tương hợp.
Lớp mạ bị phồng bọt	1. Thừa xyanua. Thêm CdO. 2. Thiếu CdO. Thêm CdO. 3. Mật độ dòng quá lớn. Hạ bớt. 4. Bề mặt chuẩn bị chưa sạch. Kiểm tra điều chỉnh lại.
Lớp mạ nhám	1. Dung dịch nhiều cặn bẩn. Lọc lại dung dịch. 2. Mật độ dòng quá cao. Điều chỉnh lại. 3. Thiếu xyanua. Bổ sung.
Lớp mạ mờ	1. Thiếu chất bóng. Bổ sung. 2. Thiếu NaOH. Bổ sung.
Anot bị thụ động, xẫm màu, khó tan	1. Mật độ dòng anot quá cao. Tăng thêm diện tích anot. 2. Thiếu xyanua. Bổ sung.
Lớp mạ có sọc sáng, xốp	1. Thiếu xyanua. Bổ sung. 2. Nồng độ Na_2CO_3 quá cao. Kết tủa bớt bằng $Ba(CN)_2$. 3. Lẫn tạp chất hữu cơ. Lọc qua than hoạt tính, mạ xử lý.

Pha chế dung dịch: Hòa tan NaCN trong nước nóng (tuân thủ đúng các quy định bảo hộ lao động khi làm việc với NaCN độc hại). CdO hoặc $Cd(OH)_2$ hòa với ít nước thành bột nhão rồi rót từ từ vào dung dịch NaCN, khuấy liên tục cho tan hết. Khi đó sẽ xảy ra phản ứng:



$$CdO + 4NaCN + H_2O = Na_2[Cd(CN)_4] + 2NaOH \quad (5.14)$$



Hoặc $$Cd(OH)_2 + 4NaCN = Na_2[Cd(CN)_4] + 2NaOH \quad (5.15)$$

Cả hai cách đều sinh ra NaOH nên phải giảm bớt lượng cân NaOH sẽ lấy dùng.

Các chất NaOH, $NiSO_4$, Na_2SO_4 hòa tan riêng rồi bổ sung vào.

Thêm 0,1 – 0,5 g/l Na_2S đã hòa tan trước vào dung dịch để kết tủa các kim loại nặng.

Thêm nước đến thể tích đã định. Khuấy, lắng, lọc vào bể mạ. Mạ xử lý với i_c = 0,2 – 0,5 A/dm^2 cho đến khi được lớp mạ tốt. Thêm chất bóng và bắt đầu sản xuất.

Chế $Cd(OH)_2$: Cân 256,5 g $CdSO_4.8/3H_2O$, 80 g NaOH rắn. Hòa tan riêng rồi rót từ từ NaOH vào dung dịch $CdSO_4$, khuấy đều, cho đến khi phenolphtalein chuyển thành màu hồng thì dừng. Để lắng, gạn, rửa sẽ được kết tủa $Cd(OH)_2$.

Sunfo hóa dầu thầu dầu: Lấy bốn phần trọng lượng dầu, một phần trọng lượng H_2SO_4 đặc (1,84). Nhỏ từng giọt H_2SO_4 vào dầu và khuấy liên tục. Khi hết khí thoát ra là phản ứng đã kết thúc. Để lắng 10 h, gạn bỏ dung dịch lỏng, dầu sunfo hóa còn lại đem trung hòa bằng dung dịch NaOH. Sản phẩm thu được dùng pha vào bể mạ.

5.2.4. Mạ cađimi từ dung dịch amoniacat

Dung dịch này có khả năng phân bố tốt hơn dung dịch axit nhưng còn kém dung dịch xyanua, dùng mạ các vật có hình dạng không quá phức tạp rất thích hợp. Không quá độc hại như dung dịch xyanua; có độ dẫn điện tốt nên mạ quay rất thuận lợi.

Hòa tan CdO hay $Cd(OH)_2$ vào dung dịch amon sunfat hay clorua đặc sẽ được cation phức $Cd(NH_3)_2^{2+}$ (giống kẽm), nhưng độ hòa tan của phức này trong dung dịch sunfat cao hơn trong dung dịch clorua, nên dung dịch sunfat dùng được mật độ dòng cao hơn. CdO khó tan trong dung dịch NH_4Cl, nên có thể dùng $CdCl_2$ thay cho CdO.

Thành phần dung dịch và tính chất của chúng tương tự như các dung dịch amoniacat mạ kẽm. Bảng 5.24 kê một số dung dịch amoniacat mạ cađimi hay dùng.

Bảng 5.24. Các dung dịch amoniacat mạ cađimi

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch amoniacat mạ cađimi*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
CdO	–	40	30 – 40	–	–
$CdSO_4.8/3H_2O$	–	–	–	40 – 60	–
$CdCl_2.2H_2O$	40 – 50	–	–	–	40 – 50
$(NH_4)_2SO_4$	–	250	250 – 300	240 – 260	–
NH_4Cl	200 – 250	–	–	–	30 – 40
NaCl	39 – 40	–	–	–	–
H_3BO_3	–	–	20 – 30	–	–
Dextrin	–	3	–	–	–
Tioure	0,5 – 1,5	3	–	–	7 – 10
Gelatin	1 – 2	–	2	–	1 – 2
Urotropin	–	–	–	15 – 20	–
Chất phân tán NF,ml/l	–	–	–	50 – 100	–
Chất nhũ hóa OS – 20	–	–	–	0,7 – 1,2	–
pH	5,5 – 6,0	6,3 – 8,0	5 – 6,8	4 – 6	4 – 4,5
i_c, A/dm^2	0,8 – 2,0	1,5 – 2,0	0,7 – 1	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2
Nhiệt độ, °C	Phòng	20 – 40	18 – 25	25 – 30	20 – 40
Hiệu suất dòng *H*, %	96 – 98	98	–	–	–
Ứng dụng	Phổ biến	Mạ tĩnh, mạ treo	Mạ thô	Mạ quay, mịn sáng ăn sâu	Dễ pha chế, lớp mạ thô

Pha chế dung dịch: Vì CdO khó tan trong NH_4Cl nên trước tiên phải chuyển CdO thành $CdCl_2$ như sau: giả sử cần pha 100 lít dung dịch, lấy 5 lít HCl (1,19) pha với 35 lít nước trong bể nhựa rồi cho từ từ 2,8 kg CdO vào và khuấy liên tục cho đến khi tan hết; trung hòa HCl dư bằng NH_4OH 25% đến pH 4 – 4,5. Thêm NH_4Cl vào và khuấy cho tan hết; thêm nước đến thể tích ấn định. Lắng, lọc vào bể mạ. Thêm các phụ gia (đã hòa tan trước) vào bể. Mạ xử lý với i_c = 0,25 – 0,5 A/dm^2 cho đến khi được lớp mạ tốt.

KD- 142-T4

Các dung dịch khác pha chế bình thường, không có gì đặc biệt.

5.2.5. Mạ cađimi từ một số dung dịch khác

Dung dịch phức amin cho trong bảng 5.25.

Các lygan tạo phức là monoetanolamin, etylendiamin, polyetylen – polyamin, trinlon B (natri etylendiamin tetraaxetat hay EDTA).

Ưu điểm: Khả năng phân bố lớn, lớp mạ mịn, ít bị giòn hydro.

Nhược điểm: Các amin đều độc, mùi khó chịu, khó khử chúng khỏi nước thải.

Trong số đó dung dịch trilon B ít độc hại nhất và cho phép dùng i_c cao nhất.

Giá trị pH của chúng rất khác nhau, thường là trung tính hay kiềm. Khi pH < 4, lớp mạ rất xấu, dễ lỗi, khí thoát mạnh.

Hiệu suất dòng điện anot thường lớn hơn catot nên sau một thời gian làm việc, nồng độ Cd trong dung dịch tăng lên. Khắc phục bằng cách điều chỉnh lại nồng độ hoặc thay 1/6 hay 1/7 diện tích anot Cd bằng anot grafit (không tan trong dung dịch này).

Pha dung dịch trilon B: Rót dung dịch NaOH đặc vào cađimi sunfat, khuấy, thu được $Cd(OH)_2$ kết tủa. Hòa tan kết tủa này bằng dung dịch trilon B 20%; dung dịch thu được có pH 12 – 13 do NaOH sinh ra. Tiếp tục hòa tan các chất còn lại và bổ sung vào.

Bảng 5.25. Dung dịch phức amin mạ cađimi

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch phức amin mạ cađimi*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$CdCl_2$	70 – 90	–	–	–	–	–
$CdSO_4.8/3H_2O$	–	120 – 130	100 – 200	40	40	75 – 80
KOH	–	–	–	20	–	35 – 40
NH_4Cl	160 – 190	–	–	–		–
Na_2SO_4	–	–	–	45	75	–
$(NH_4)_2SO_4$	–	30 – 40	–	–	–	–
$NiSO_4.7H_2O$	–	–	–	1 – 1,5	1	–
Keo da	1	1 – 1,5	–	–	–	–
Monoetanolamin	400	–	–	–	–	–
Etylendiamin(20%),ml/l	–	350 – 400	–	–	–	–
Polyetylen polyamin	–	–	130 – 140	–	–	–
Trilon B	–	–	–	75	75	120 – 130
pH	8,0 – 9,0	8,0 – 9,0	–	10 – 12	12 – 13	6,5 – 7,5
Nhiệt độ, °C	15 – 25	15 – 25	15 – 25	Phòng	25	Phòng
Mật độ dòng i_c ,A/dm^2	1	1 – 1,5	0,5	0,5 – 1,6	< 3	2,5

Dung dịch phức urotropin:

CdO	25 – 30 g/l	25 – 30 g/l
$(NH_4)_2SO_4$	200 – 250 g/l	200 g/l
Urotropin $(CH_2)_6N_4$	100 g/l	100 g/l
NH_4Cl	10 g/l	–
Borac $Na_2B_4O_7$	–	20 g/l
Fufurol $C_4H_3O.CHO$	–	8 – 10 g/l
pH	7 – 7,5	7,2 – 7,8
Nhiệt độ, °C	18 – 40	20 – 30
Mật độ dòng i_c, A/dm²	1,2 – 2,5	0,7 – 1,3

Pha chế: Hòa tan CdO vào dung dịch $(NH_4)_2SO_4$. hòa tan riêng urotropin vào nước ấm rồi trộn chung vào. Các chất còn lại đều hòa tan riêng rồi mới hỗn hợp lại với nhau. Thêm nước đến thể tích đã định. Thêm phụ gia, chỉnh pH. Mạ xử lý.

Dung dịch phức pyrophotphat: Không độc, phân bố tốt, lớp mạ tốt:

$CdSO_4.8/3H_2O$	9,2 g/l	18 – 20 g/l
$K_4P_2O_7.\ 3H_2O$	192 g/l	120 – 200 g/l
Trilon B	–	35 – 38 g/l
i_a, A/dm²	0,2 – 0,4	< 0,4
i_c, A/dm²	0,2 – 0,4	< 2
Nhiệt độ, °C	50	50

Pha chế: Hòa tan trilon B vào nước nóng. Hòa tan riêng cađimi sunfat rồi trộn chung với nhau. hòa tan $K_4P_2O_7$ trong nước ấm rồi rót vào hỗn hợp trên và khuấy đều. Thoạt đầu sẽ sinh kết tủa $Cd_2P_2O_7$, chất này tan trong $K_4P_2O_7$ dư, nếu khuấy mạnh và đều. Thêm nước đến thể tích đã định, chỉnh lại pH và mạ xử lý.

Độ hòa tan của $Cd_2P_2O_7$ trong $K_4P_2O_7$ rất bé, vì vậy muốn tan hết phải cho $K_4P_2O_7$ dư gấp 15 – 20 lần lượng cần thiết. Không nên dùng $Na_4P_2O_7$ vì $Cd_4P_2O_7$ tan trong nó còn kém hơn nữa.

5.2.6. Hoàn thiện lớp mạ cađimi

Cromat hóa là thụ động hóa lớp mạ cađimi trong dung dịch cromat ngay khi vừa mạ xong, nhằm nâng cao tính thẩm mỹ cũng như khả năng bảo vệ cho lớp mạ cađimi. Trước khi cromat hóa cần *tẩy sáng* lớp mạ bằng một trong các dung dịch sau:

1.	HNO_3	1 – 3%	từ 1 – 5 s ở nhiệt độ phòng.
2.	H_2O_2 2% + H_2SO_4	0,5%	từ 2 – 5 s ở nhiệt độ phòng.
3.	CrO_3 150 – 160 g/l + H_2SO_4	8 – 10 g/l	từ 1 – 5 s ở 15 – 25 °C

Riêng các chi tiết bé mạ trong thùng quay, chuông quay không thể tẩy sáng cả mẻ cùng một lúc trong các dung dịch trên với thời gian quá ngắn như vậy được, cho nên khâu

tẩy sáng được kết hợp ngay trong khi thụ động (dung dịch thụ động đồng thời có tác dụng tẩy sáng).

Cromat hóa cho lớp mạ cađimi có thể tiến hành trong các dung dịch cromat hóa cho lớp mạ kẽm (bảng 5.16) hay trong các dung dịch ghi ở bảng 5.26.

Bảng 5.26. Các dung dịch cromat hóa lớp mạ cađimi

Thành phần (g/l) và chế độ thụ động	*Các dung dịch thụ động hóa lớp mạ cađimi*							
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
CrO_3	–	–	–	~130	17	–	–	28 – 34
$Na_2Cr_2O_7$	100 – 150	15 – 25	25 – 35	–	–	50 – 100	–	–
H_2SO_4	8 – 10	–	–	2 – 4	–	2	–	–
HNO_3	–	14 – 28	4 – 7	–	2,8		–	–
$Na_2SO_4 10H_2O$	–	10 – 20	9 – 15	–	14	–	–	–
NaCl	–	–	–	–	–	1	–	–
CH_3COOH	–	–	–	–	–	–	–	21 – 26
Natri fomiat	–	–	–	–	–	–	–	56 – 65
Liconda 25	–	–	–	–	–	–	70 – 80	–
Liconda	–	–	–	–	–	–	–	48 – 72
Nhiệt độ, °C	15 – 25	15 – 25	15 – 25	Phòng	25	Phòng	25	Phòng
Thời gian, s	5 – 30	15 – 60	30 – 60	10 – 15	5 – 7	10 – 20	6 – 45	30 – 60
Màu sắc màng	Ngũ sắc	Nâu tối	–	Ngũ sắc	Ngũ sắc	Ngũ sắc	Không màu	Cỏ úa

Dung dịch 1 thụ động cho các vật mạ treo, thao tác thủ công; có thể thay natri bicromat bằng 100 – 150 g/l amon bicromat. Dung dịch 2 thụ động cho các vật mạ đã qua khâu khử giòn hydro ở 180 – 200 °C trong 2 h trước khi tẩy sáng; cho màu nâu tối, khả năng bảo vệ của màng có giảm đi chút ít. Có thể thay natri bicromat bằng 15 – 25 g/l CrO_3 và khi đó phải giảm hàm lượng HNO_3 xuống còn 3 – 7 g/l. Dung dịch 3 dùng để thụ động các chi tiết bé ngay trong thùng quay; sau đó phải rửa nước lạnh rồi nước nóng có nhiệt độ thấp hơn 60 °C và sấy khô bằng khí nén có nhiệt độ dưới 60 °C. Các dung dịch còn lại thụ động cho vật mạ treo; bể thụ động bằng chất dẻo, thép không gỉ có khuấy bằng khí nén. Thụ động xong, rửa nước lạnh, rửa nước ấm, thổi khô bằng khí nén nóng có nhiệt độ thấp hơn 60 °C.

Liconda là các chế phẩm tổng hợp do các hãng sản xuất có bán trên thị trường.

Sự cố, nguyên nhân và cách khắc phục như đối với mạ kẽm (bảng 5.18).

Photphat hóa lớp mạ cađimi: Sau khi mạ cađimi, cromat hóa có thể đem photphat hóa tiếp để tăng tính bảo vệ cho lớp mạ Cd hoặc để lót cho lớp sơn bên ngoài lớp mạ Cd.

Đối với các ống thép dẫn dầu thường chỉ mạ cađimi ở mặt ngoài ống, còn mặt trong ống thì photphat hóa để bảo vệ ống thép, khi đó mạ Cd và cromat hóa xong mới photphat hóa trong dung dịch Majef (là một loại chế phẩm có chứa $Fe(H_2PO_4)_2$ và $Mn(H_2PO_4)_2$) cho lòng ống, dung dịch này không làm thay đổi gì phần bề mặt đã có lớp mạ Cd. Các dung dịch photphat hóa được kê trong bảng 5.27.

Bảng 5.27. Các dung dịch photphat hoá

Thành phần (g/l) và chế độ làm việc	*Các dung dịch*			
	1	*2*	*3*	*4*
"Majef"	40 – 70	30 – 40	–	–
$Zn(NO_3)_2$	–	30 – 60	10 – 20	–
$Ba(NO_3)_2$	–	–	30 – 40	–
$Zn(H_2PO_4)_2$	–	–	8 – 12	–
ZnO	–	–	–	20 – 35
H_3PO_4	–	–	–	20 – 30
$NaNO_2$	–	–	–	1,5 – 2,0
Nhiệt độ, °C	88 – 98	88 – 98	75 – 85	15 – 25
Thời gian, ph	40 – 45	30 – 35	10 – 15	30

Trong khi photphat hóa phải khuấy, lắc. Khi ngừng thoát khí hydro là lúc quá trình photphat hóa đã xong, nhưng vẫn phải để trong dung dịch đúng thời gian như đã ghi trong bảng 5.27.

5.2.7. Bóc lớp mạ cađimi hỏng

Bóc lớp mạ Cd hỏng bằng cách hòa tan nhờ một trong các dung dịch sau:

1. HCl (1,19) 50 ml + Sb_2O_3 15 g + H_2O 50 ml.
2. NaCN 10 – 15%, i_a = 0,5–1,0 A/dm². Nhiệt độ phòng. Catot và móc treo bằng thép.
3. NH_4NO_3 450 – 550 g/l ở 15 – 24 °C.
4. NH_4NO_3 100 – 150 g/l + HCl 10 – 12 g/l ở 15 – 25 °C.
5. Chế phẩm udystrip 402 60 g/l + NaCN 120 – 180 g/l , pH 11,5 – 12, nhiệt độ 15 – 60 °C, sục khí nén.

5.3. MẠ THIẾC

Thiếc, ký hiệu Sn, là kim loại có màu trắng bạc, mềm. Trọng lượng nguyên tử 118,69, đương lượng điện hóa của Sn^{2+} là $э$ = 2,214 g/Ah, của Sn^{4+} là $э$ = 1,107 g/Ah, trọng lượng riêng γ = 7,28 g/cm³, nhiệt độ nóng chảy 232 °C, điện trở riêng $11{,}5.10^{-8}$ Ω.m. Thiếc rất dẻo và bền hóa học, không bị oxy hóa dưới tác dụng của không khí ẩm, chỉ bị phá huỷ trong kiềm đặc và axit HCl, H_2SO_4 đặc, nóng. Điện thế tiêu chuẩn của Sn/Sn^{2+} là –0,14 V, tức là dương hơn Fe. Vì vậy Sn là lớp mạ catot trên sắt thép, nên yêu cầu phải kín,

không có lỗ hở mới bảo vệ được. Ngược lại đối với các vật bằng đồng thì thiếc lại là lớp mạ anot và có tác dụng bảo vệ điện hóa cho nền đồng. Sn có hóa trị +2 và +4, điện thế tiêu chuẩn của Sn^{2+}/Sn^{4+} là +0,20 V, của Sn/Sn^{4+} là +0,05 V. Trong dung dịch NaCl 3% điện thế điện cực của thiếc là –0,25 V.

Gỉ thiếc không độc với cơ thể con người, nên thiếc thường được dùng để mạ vỏ đồ hộp, dụng cụ đựng thức ăn... Thiếc dễ hàn nên thường được mạ lên các linh kiện điện, điện tử, các chi tiết cần hàn...

Chiều dày lớp mạ thiếc thường được chọn cho các đối tượng khác nhau như sau:

Sắt tây làm đồ hộp, lớp mạ thiếc dày 1,5 – 2,5 μm

Dụng cụ đựng và chế biến thức ăn 10 – 25 μm

Linh kiện điện, điện tử cần hàn 10 – 15 μm

Bảo vệ dây cáp có bọc cao su cách điện 5 μm

Ốc, vít, chi tiết có ren... 10 – 20 μm

Bảo vệ thép không bị nitro hóa 10 μm

Mạ thiếc có thể tiến hành trong dung dịch axit hoặc trong dung dịch kiềm.

Tốc độ mạ thiếc có thể tính theo phương trình (5.1) hay tra theo bảng 5.28. Chú ý mạ thiếc từ dung dịch axit, chứa ion Sn^{2+}, có $\ni$ = 2,214 g/Ah, còn mạ từ dung dịch kiềm, chứa ion Sn^{4+}, có $\ni$ = 1,107 g/Ah và hiệu suất dòng điện *H*% bé hơn nên tốc độ mạ chậm hơn.

Bảng 5.28. Tốc độ mạ thiếc trong các dung dịch (μm/ h)

Hiệu suất dòng điện, H%	*Mật độ dòng điện catot, A/dm²*					
	0,5	*1,0*	*2,0*	*3,0*	*4,0*	*5,0*
Dung dịch Sn^{4+}						
65	4,9	9,8	19,6	29,6	39,2	
70	5,3	10,6	21,2	313,8	42,4	
75	5,7	11,3	22,7	34,0	45,4	
80	6,0	12,0	24,2	36,2	48,4	
85	6,4	12,8	25,7	38,6	51,4	
Dung dịch Sn^{2+}						
90	13,5	27,0	54,0	81,0	108,0	135,1
91	13,8	27,6	55,2	82,8	110,4	138,0
92	14,0	28,3	55,7	83,1	111,5	139,0
93	14,1	28,6	56,2	84,0	113,0	140,5
94	14,3	28,9	56,9	85,0	114,1	142,5
95	14,4	29,2	57,5	85,9	115,1	143,7

5.3.1. Mạ thiếc từ dung dịch axit

Dung dịch axit mạ thiếc là các dung dịch sunfat, phenolsunfonat, floborat, halogenua...

Dung dịch axit mạ thiếc có khả năng phân bố tương đối tốt, rất ổn định, hiệu suất dòng điện *H*% cao, ion thiếc Sn^{2+} có đương lượng điện hóa lớn nên tốc độ mạ khá nhanh, thường được dùng để mạ cho các vật có hình thù ít phức tạp, nhưng nhất thiết không được thiếu các phụ gia hoạt động bề mặt.

Mạ thiếc từ dung dịch sunfat

$SnSO_4$ cung cấp ion Sn^{2+}, dễ bị thủy phân làm đục dung dịch.

H_2SO_4 chống thủy phân cho ion Sn^{2+}, chống Sn^{2+} bị oxy hóa thành Sn^{4+} (làm nhám lớp mạ), tăng độ dẫn điện cho dung dịch.

Na_2SO_4 làm tăng độ dẫn điện cho dung dịch.

Các chất hữu cơ hoạt động bề mặt làm cho lớp mạ mịn, nhẵn, chống sinh "cây", gắn bám tốt, lớp mạ ăn sâu vào ngóc ngách.

Keo và cresol... tiêu thụ dần trong quá trình mạ nên phải thường xuyên bổ sung bù vào: cứ điện phân 8 – 10 Ah/lít phải bổ sung 0,15 g/l cresol và 0,2 – 0,3 g/l keo.

Tránh các chất oxy hóa: NO_3^-, H_2O_2 , CrO_3... lẫn vào dung dịch, vì chúng sẽ oxy hóa Sn^{2+} thành Sn^{4+} ở dạng keo không tan làm đục dung dịch.

Tỷ lệ diện tích anot/catot S_a/S_c = 1/1 – 1,5/1.

Anot: thiếc sạch (xem mục 13.1).

Điện thế nguồn: 6 V cho mạ tĩnh; 8 – 10 V cho mạ quay.

Các bể mạ tĩnh ngày nào cũng phải khuấy trộn một lần để tránh phân lớp dung dịch.

Pha chế dung dịch sunfat: Cho từ từ H_2SO_4 đặc vào nước trong bể nhựa sao cho đạt 15 – 20 g/l và khi nước nóng đến 40 – 60 °C cho $SnSO_4$ vào, khuấy cho tan hết. Lọc vào bể mạ; thêm nốt lượng H_2SO_4 còn thiếu. Hòa tan riêng Na_2SO_4 và lọc vào bể mạ. Keo da ngâm 1 – 2 ngày rồi đun cách thủy cho tan hết; cresol hay các phụ gia hữu cơ khác cần chuẩn bị trước để hỗn hợp với keo da, khuấy đều rồi cho vào dung dịch mạ. Lúc đầu dung dịch đục, khuấy đều sẽ tan và trong suốt, hơi ngả màu vàng lục. Mạ xử lý với i_c = 1 – 1,5 A/dm² trong 3 – 5 h với catot lượn sóng treo kín bể.

Bảng 5.29. Các dung dịch sunfat mạ thiếc

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch mạ thiếc sunfat*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$SnSO_4$	40 – 50	40 – 50	25 – 50	25 – 50	25 – 60	35 – 45
H_2SO_4	50 – 80	50 – 80	80 – 100	80 – 100	50 – 160	120 – 180
Na_2SO_4	–	30 – 50	–	–	–	–
OS – 20	–	2 – 5	–	–	–	–
Crezol thô	2 – 10	–	8 – 10	–	–	–
Keo da	2 – 3	–	1 – 2	–	–	–
1,4 – Butindiol (35%), ml/l	–	–	25 – 50	3 – 8	–	–
Sintanol DS – 10	–	–	–	–	3 – 5	5 – 15
Formalin	–	–	–	–	5 – 6	3 – 5
Axetilaxeton	–	–	–	–	3 – 4	–
Limeda Sn – 2	–	–	–	–	5 – 10	5 – 10
Chất san bằng 13A – 20	–	–	–	2 – 5	–	–
Rượu propagilic, ml/l	–	–	–	3 – 8	–	–
Fufurol (5%), ml/l	–	–	–	1 – 3	–	–
Nhiệt độ, °C	15 – 25	Phòng	Phòng	Phòng	Phòng	Phòng
i_c, A/dm²:						
– Không khuấy	1,5 – 2	1 – 2	2 – 7		2 – 4	2 – 4
– Có khuấy	3 – 4			< 8		
i_a, A/dm²	–			–	1 – 2	1 – 2
Hiệu suất dòng *H*,%	90 – 95	90 – 98	90 – 98	90 – 98	90 – 98	90 – 98
Ứng dụng	Phổ biến	Mạ mờ	Mạ mờ, nhẵn	Mạ bóng	Mạ bóng	Mạ bóng

Bảng 5.30. Sự cố thường gặp khi mạ thiếc từ dung dịch sunfat

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp mạ bị xám	1. Dung dịch lẫn đồng. Mạ xử lý với i_c = 1 – 1,5 A/dm^2, hoặc thêm thiếc bột vào, ngâm, lọc. 2. Thừa nhiều $SnSO_4$. Mạ xử lý với anot trơ (Ti, thép cao silic).
Kết tủa sần sùi, mép vật mạ có chấm đỏ	1. Thiếu keo, cresol hay phenol. Bổ sung. 2. Mật độ dòng điện catot lớn. Giảm bớt.
Lớp mạ hay bị lỏi, thô	1. Nhiệt độ dung dịch cao quá. Giảm bớt. 2. Thiếu keo, cresol, phenol. Bổ sung. 3. Lẫn ion clo. Thay một phần dung dịch.
Lớp mạ thô, bột	1. Mật độ dòng điện bé. Tăng thêm. 2. Diện tích anot lớn quá. Giảm bớt. 3. Lẫn nhiêu tạp chất. Mạ xử lý với i_c = 0,2 – 0,3 A/dm^2. 4. Thiếu axit. Thêm H_2SO_4.
Lớp mạ nhám, cây	1. Dung dịch lẫn nhiều cặn bẩn. Lọc dung dịch. 2. Dung dịch lẫn nhiều chất oxy hóa. Nghỉ 12 – 24 h rồi lọc. dung dịch. Phân tích và bổ sung lại dung dịch. 3. Mật độ dòng điện quá lớn. Giảm bớt.
Dung dịch sinh cặn khó tan	Thiếc bị thủy phân do pH cao quá. Thêm H_2SO_4 vào.
Lớp mạ dày mỏng không đều	1. Nồng độ $SnSO_4$ lớn . Pha loãng dung dịch. 2. Thiếu H_2SO_4. Thêm H_2SO_4. 3. Thiếu keo và phụ gia. Bổ sung.
Anot thoát khí mạnh	Anot bị thụ động do anot lẫn nhiều chì. Thay anot.
Lớp mạ xốp, châm kim	$SnSO_4$ quá loãng. Bổ sung thêm.
Lớp mạ ăn không đều trên vật mạ, phía trên mỏng, dưới dày	Dung dịch bị phân lớp nồng độ. Khuấy đều dung dịch lên.

Điều chế $SnSO_4$ từ thiếc như sau:

1. Hòa tan $CuSO_4$ vào nước nóng đến nồng độ 60 g/l. Thêm H_2SO_4 vào đến nồng độ 50 g/l, đun nóng đến 70 – 80 °C, khuấy và cho từ từ thiếc hạt hay thiếc bột vào với lượng 35 – 40 g/l. Sn sẽ tan vào dung dịch thành Sn^{2+}, còn Cu^{2+} sẽ kết tủa thành bột Cu, lọc bỏ đi. Chế bột thiếc bằng cách đun chảy thiếc rồi sàng qua lưới nhỏ mắt.

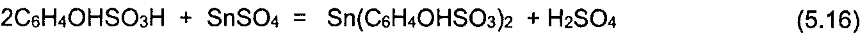
2. Đổ đầy bể dung dịch gồm $CuSO_4$ 60 g/l + H_2SO_4 50 g/l. Treo thiếc tấm (anot) vào một cầu của bể, cầu kia treo các tấm đồng (catot), nối hai cầu bằng dây dẫn điện. Đun dung dịch

đến 60 – 80 °C. Bể trở thành một pin ngắn mạch Sn|$CuSO_4$| Cu: đồng kim loại giải phóng ra bám lên catot đồng, thiếc anot hòa tan thành $SnSO_4$ trong dung dịch.

Mạ thiếc từ dung dịch phenolsunfonat

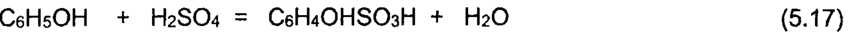
Dung dịch này dung để mạ sắt tây, mật độ dòng điện lớn nên tốc độ lá thép trong bể mạ có thể lên đến 160 m/ph.

Thiếc phenolsunfonat được chế bằng cách cho axit phenolsunfonic tác dụng với $SnSO_4$:



$$2C_6H_4OHSO_3H + SnSO_4 = Sn(C_6H_4OHSO_3)_2 + H_2SO_4 \quad (5.16)$$

Điều chế axit $C_6H_4OHSO_3H$ như sau: Phenol (một phần trọng lượng) đun nóng đến 45 °C trong bình phản ứng bằng gang hay sắt tráng men, thêm từ từ từng giọt H_2SO_4 đặc vào (1,1 – 1,2 phần trọng lượng) và khuấy liên tục đồng thời theo dõi nhiệt độ. Khi đã cho hết axit, nâng nhiệt độ lên 100 – 110 °C , duy trì ở nhiệt độ này trong 24 h và không ngừng khuấy để phản ứng sau xảy ra được triệt để, đạt hiệu suất chuyển hóa cao:



$$C_6H_5OH + H_2SO_4 = C_6H_4OHSO_3H + H_2O \quad (5.17)$$

Sản phẩm phản ứng tốt phải trong suốt, màu nước chè nhạt. Trung hòa lượng axit dư bằng đá phấn hay Na_2CO_3.

Hiệu suất dòng điện anot thường lớn hơn hiệu suất dòng điện catot, nên sau một thời gian làm việc, nồng độ Sn^{2+} dần tăng lên, khắc phục bằng cách thay một phần anot thiếc bằng anot thép cao silic không tan.

Bảng 5.31. Các dung dịch phenolsunfonat mạ thiếc

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch phenolsunfonat mạ thiếc*			
	1	*2*	*3*	*4*
$SnSO_4$	–	50 – 70	50 – 70	60
Thiếc phenolsunfonat (tính ra Sn)	25 – 45	–	–	–
H_2SO_4	40 – 60	–	–	50
Dimetylaminopyridylmetan	0,5 – 1,0	–	–	–
Axit para – phenolsunfonic	–	80 – 90	80 – 90	40
Dihydroxydiphenylsunfon	–	6,5 – 11,5	–	5
Natri monobutyphenyl phenosunfonat	–	0,4 – 1,0	–	–
Naphtosol 7C	–	–	2 – 4	–
β – Naphtol	–	–	–	1
Nhiệt độ, °C	30 – 45	40 – 50	40 – 50	20 – 30
Mật độ dòng i_c, A/dm²	20 – 30	20 – 30	20 – 30	< 10
Hiệu suất dòng *H*, %	90 – 95	–	–	98
Ứng dụng	Mạ mờ	Mạ bóng	Mạ bóng	

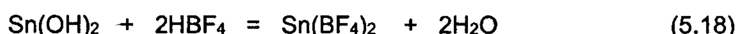
Mạ thiếc từ dung dịch floborat

Dung dịch này thường dùng để mạ băng thép, dây thép trong các thiết bị mạ liên hợp. Chúng cho phép dùng i_c lớn, hiệu suất dòng điện anot và catot đều bằng 95 – 96%. Anot thiếc có độ sạch cao. Tỷ lệ diện tích S_a/S_c = 2/1. Điện thế bể 1 – 3 V.

Bảng 5.32. Dung dịch floborat mạ thiếc

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch floborat mạ thiếc*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
$Sn(BF_4)_2$	98 – 196	180 – 200	180 – 200	200	200
HBF_4 tự do	40 – 200	45 – 60	45 – 60	50	100 – 200
H_3BO_3	10 – 30	25 – 30	25 – 30	25	–
β – naphtol	0,5 – 1,0	–	–	1	1
Gelatin	1 – 3	3 – 5	–	6	6
Chất ức chế I – 1A	–	–	2 – 3	–	–
Nhiệt độ, °C	20 – 40	25	20 – 40	20 – 40	20 – 40
i_c, A/dm² (mạ tĩnh)	< 13	< 10	3 – 10	2,5 – 12	2,5 – 12,5
i_c, A/dm² (mạ động)					25 – 42,5

Điều chế thiếc floborat $Sn(BF_4)_2$ theo phản ứng sau:



$$Sn(OH)_2 + 2HBF_4 = Sn(BF_4)_2 + 2H_2O \quad (5.18)$$

Theo tỷ lệ: 52,7 g 175,6 g 292,3 g

HBF_4 chế từ HF và H_3BO_3 như công thức (5.2) đã nói tại 5.1.1.

Mạ thiếc từ dung dịch halogenua

Dung dịch halogenua dùng để mạ sắt tây, mạ các vật có hình dạng tương đối phức tạp; có khả năng phân bố tốt hơn dung dịch sunfat và floborat, chất lượng lớp mạ cao. Thiếc tồn tại trong dung dịch dưới dạng các ion phức SnF^{2-} và $SnF_2Cl_2^{2-}$. Bảng 5.33 kê một số dung dịch halogenua mạ thiếc.

Bảng 5.33. Dung dịch halogenua mạ thiếc

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch halogenua mạ thiếc*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$SnCl_2.2H_2O$	50 – 60	40 – 50	50	30 – 50	40 – 60	75
NaF	–	50 – 60	30	30 – 70	40 – 60	35 – 40
NH_4F	–	–	30	–	–	35
HCl	12 – 18	0,5 – 1,0	3	0,5 – 4,0	0 – 30	12 – 15
NaCl	8 – 10	5 – 7	–	–	20 – 40	20 – 22

OS – 20	–	–	–	1 – 2	0,5 – 5,0	–
Gelatin	3	1,0	–	1 – 2	–	–
Axit disunfonaphtalic	–	–	–	–	–	1,0
NH_4CNS	–	–	–	–	–	0,25
Tetrabutylamon iodua	–	–	0,065	–	–	–
Phenol	20	–	–	–	–	–
β – Naphtol	0,1	–	–	–	–	–
Nhiệt độ, °C	20	20 – 25	70	13 – 40	20 – 35	30 – 45
i_c, A/dm²						
– Không khuấy	–	0,5 – 1,0	–	0,5 – 1,0	0,5 – 3,0	–
– Có khuấy	< 15	2 – 3	40	–	–	< 50
Hiệu suất dòng *H*, %	95	95 – 98	95	–	–	–
Ư'ng dụng		Mạ treo	Mạ dây băng	Mạ vật phẳng	Ở pH 6 mạ dày 60 μm	Mạ dây, băng

Pha chế dung dịch: Các muối florua hòa tan vào nước nóng 50 – 60 °C trong bể nhựa, thêm HCl để tránh muối thiếc bị thủy phân (đục). Khuấy liên tục, thêm thiếc clorua và các chất còn lại.

Mạ thiếc từ dung dịch pyrophotphat

Điều chế phức thiếc pyrophotphat: hòa tan riêng $SnCl_2$ (vào nước đã axit hóa bằng một ít HCl) và $Na_4P_2O_7$ rồi rót từ từ dung dịch $SnCl_2$ vào và khuấy liên tục. Lúc đầu tạo thành thiếc pyrophotphat không tan

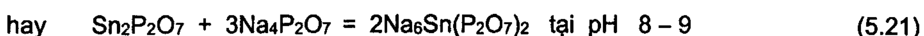


$$2\,SnCl_2 + Na_4P_2O_7 = Sn_2P_2O_7 + 4NaCl \qquad (5.19)$$

Sau đó nó hòa tan tiếp trong natri pyrophotphat dư thành phức thiếc pyrophotphat tan:



$$Sn_2P_2O_7 + Na_4P_2O_7 = 2Na_2SnP_2O_7 \quad \text{tại pH} < 4 \qquad (5.20)$$



hay $$Sn_2P_2O_7 + 3Na_4P_2O_7 = 2Na_6Sn(P_2O_7)_2 \quad \text{tại pH } 8-9 \qquad (5.21)$$

Chất phụ gia hữu cơ và ion Cl^- cho lớp mạ tốt và mật độ dòng i_c cao.

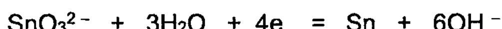
Chất ổn định hydrazin clorua chống Sn^{2+} bị oxy hóa thành Sn^{4+}.

Dung dịch sau cho lớp mạ thiếc bóng:

$SnCl_2.2H_2O$		130 – 160 g/l
$K_4P_2O_7$		500 – 570 g/l
Hydrazin		15 – 40 g/l
Chất thấm ướt		0,9 – 1,1 g/l
Keo		1 – 2 g/l
"Progresse"		3 – 4 ml/l
Nhiệt độ 16 – 25 °C	dùng	i_c = 1 – 3,5 A/dm²
Nhiệt độ 40 – 50 °C	dùng	i_c = 4 A/dm²
Nhiệt độ 60 – 70 °C	dùng	i_c = 6 A/dm²

5.3.2. Mạ thiếc từ dung dịch kiềm

Trong các dung dịch kiềm, thiếc ở dạng ion hóa trị +4 và thường dùng dưới dạng ion stanat SnO_3^{2-}. Trên catot thiếc phóng điện theo phản ứng:



$$SnO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Sn + 6OH^-$$

Điện thế phóng điện của thiếc từ –0,9 đến –1,0 V. Tăng mật độ dòng catot, điện thế phân cực của thiếc có thể đạt đến –1,6 V.

Quá thế hydro trên thiếc tương đối lớn nên hiệu suất dòng điện giảm không quá nhiều, thường H = 60 – 70%. Tăng nồng độ NaOH sẽ tăng phân cực catot nhưng lại làm giảm hiệu suất dòng điện. Khả năng phân bố của dung dịch stanat rất tốt nên được dùng để mạ các vật phức tạp hay các vật bé đặt trên sàng (thay cho móc treo hay mạ quay).

Trong dung dịch kiềm, nếu phân cực anot bé, anot thiếc có thể tan ra thành Sn^{2+} ở dạng stanit SnO_2^{2-} làm xấu lớp mạ. Nếu tăng mật độ dòng điện anot, làm cho phân cực anot tăng lên thì anot thiếc sẽ tan thành Sn^{4+} ở dạng stanat SnO_3^{2-}, cho lớp mạ tốt. Vì vậy phải dùng anot thiếc thụ động một phần (bề mặt có màng màu vàng lục) hay dùng diện tích anot bé hơn catot S_a/S_c = 1/2 và duy trì mật độ dòng điện anot trong khoảng i_a = 2 – 4 A/dm^2. Cũng không nên dùng i_a > 4 A/dm^2, vì khi đó anot bị thụ động toàn phần, thiếc không tan được, chỉ có oxy thoát ra và bề mặt anot bị xám đen.

Bảng 5.34. Dung dịch mạ thiếc stanat

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch stanat*						
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
$Na_2SnO_3.3H_2O$	50 – 100	80	–	–	–	–	–
$Na_2Sn(OH)_6.3H_2O$	–	–	–	28 – 90	–	–	–
$K_2Sn(OH)_6$	–	–	–	–	150 – 165	195 – 200	390 – 420
$SnCl_4$	–	–	107	–	–	–	–
NaOH	10 – 15	12,5	90	7 – 15	–	–	–
KOH	–	–	–	–	20 – 25	15 – 30	15 – 30
$NaCH_3COO$	15 – 20	–	15	10 – 20	–	–	–
Nhiệt độ, °C	60 – 80	75	65 – 70	60 – 80	80 – 90	70 – 90	70 – 90
i_c, A/dm^2	1 – 2	1	1,5 – 2	0,5 – 1,5	6 – 10	< 16	40
H, %	70 – 80	80	–	50 – 70	80 – 90	–	–
Ứng dụng	Phổ biến	Mạ quay			Mạ nhanh		

Tỷ lệ diện tích: S_a/S_c = 1/2.

Vật liệu bể: thép.

Điện thế nguồn: 4 – 6 V.

Tạo anot thụ động một phần như sau: Đun nóng bể mạ, treo đủ vật mạ vào cầu catot, bật điện, treo anot 1 vào cầu anot, theo dõi đến khi bề mặt anot chuyển thành màu vàng lục thì treo tiếp anot 2 vào, lại theo dõi, khi chuyển màu treo tiếp anot 3... Màng thụ động một phần này dễ tan trong dung dịch mạ khi bể không làm việc. Vì vậy nghỉ mạ phải nhấc anot ra ngâm vào nước rồi mới ngắt điện; khi treo lại vào bể cũng phải bật điện trước.

Các dung dịch kiềm mạ thiếc kê trong bảng 5.34.

Pha chế dung dịch:

– Hòa tan riêng stanat, NaOH, $NaCH_2COO$, lắng, lọc vào bể, thêm nước, mạ xử lý.

– Hòa tan riêng $SnCl_4$, NaOH. Khuấy và rót từ từ dung dịch $SnCl_4$ vào dung dịch NaOH. Lắng, gạn vào bể. Thêm phụ gia, thêm nước, phân tích, điều chỉnh, mạ xử lý.

– Hòa tan riêng $SnCl_2$ (40 g/l), NaOH (70 g/l). Khuấy, đổ chung vào sẽ được kết tủa $Sn(OH)_2$, nó sẽ hòa tan tiếp trong NaOH dư thành Na_2SnO_2. Thêm H_2O_2 (10%) vào để oxy hóa thành Na_2SnO_3, hoặc điện phân với anot thụ động (i_a > 4 A/dm²) để oxy thoát ra oxy hóa Sn^{2+} thành Sn^{4+}. Dung dịch còn Sn^{2+} sẽ cho lớp mạ xấu, sùi.

Bảng 5.35. Sự cố thường gặp khi mạ thiếc từ dung dịch kiềm

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp mạ sần sùi, xám, catot thoát khí mạnh	1. Mật độ dòng điện catot cao. Giảm bớt. 2. Nồng độ kiềm lớn. Thêm Sn^{4+} hoặc trung hòa bằng axit axetic. 3. Dung dịch có mặt Sn^{2+} > 1 g/l . Thêm H_2O_2 10% từ 1 – 2 ml/l. 4. Nhiệt độ dung dịch thấp. Tăng nhiệt độ.
Anot xám đen, thoát khí nhiều	Mật độ dòng anot i_a lớn > 4 – 5 A/dm². Tăng thêm diện tích anot. Tiếp điện cho anot kém. Kiểm tra và chữa lại.
Anot lấm tấm trắng	Thừa nhiều NaOH. Trung hòa bằng axit axetic.
Lớp mạ khó hàn	Dung dịch lẫn nhiều Cu (> 0,1 g/l). Mạ xử lý với i_c bé hoặc thêm bột thiếc và lọc lại dung dịch.
Dung dịch đục	Dung dịch thiếu kiềm. Thêm NaOH.
Mạ ăn chậm, catot thoát khí mạnh	1. Nồng độ thiếc thấp. Thêm Sn^{4+}. 2. Thừa kiềm. Thêm Sn^{4+} hoặc axit axetic.
Kết tủa rời, xốp	Dung dịch có mặt Sn^{2+}. Thêm H_2O_2 10%. Anot quá hoạt động. Chỉnh lại diện tích anot để đạt i_a = 2,5 – 3,5 A/dm².

5.3.3. Mạ thiếc hóa học

Cho lớp mạ mỏng (1 μm) trên các vật bé, có hình dạng phức tạp, lớp mạ dày đều, dễ hàn.

Vật bằng đồng, hợp kim đồng nối với tấm kẽm hay đặt chung với mảnh kẽm, hoặc đựng trong giỏ mạ kẽm, nhúng tất cả vào dung dịch 1, thỉnh thoảng xóc nhẹ:

Thành phần	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
$SnCl_2.2H_2O$	30 g/l	10 – 20 g/l
Tioure $CS(NH_2)_2$	–	80 –90
NaCl	–	75 – 90
HCl (1,19) ml/l	–	15 – 17
NaOH	69	–
Nhiệt độ, °C	90	55 – 65
Thời gian, ph	120 – 180	25 – 30

Dung dịch chỉ dùng một lần, cứ 1 lít dung dịch mạ được 50 dm^2.

Dùng dung dịch 2 không cần phải có kẽm tiếp xúc nữa vì tioure làm điện thế của đồng chuyển dịch về phía âm rất nhiều so với thiếc nên phản ứng tự xảy ra.

Vật bằng thép tẩy rửa xong nối với kẽm hay đặt trong giỏ mạ kẽm, nhúng vào dung dịch $SnCl_2.2H_2O$ 2 – 5 g/l + $KNaC_4H_4O_6$ đến bão hòa, đun đến 95 – 100 °C, giữ trong 10 ph đến 2 h (tùy cần dày hay mỏng), thỉnh thoảng xóc đều.

Cứ 1 dm^2 cần 12 – 15 ml dung dịch (dùng một lần).

Vật bằng nhôm tẩy rửa xong nhúng vào dung dịch sau: $SnCl_2.2H_2O$ 30 g/l + NaOH 20 g/l, nhiệt độ 70 – 75 °C, thời gian 3 – 5 ph.

5.3.4. Hoàn thiện lớp mạ thiếc

Thụ động lớp mạ thiếc để tăng độ bền ăn mòn cho sắt tây làm vỏ đồ hộp, tiến hành bằng một trong các dung dịch:

Thành phần	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*	*Dung dịch 3*	*Dung dịch 4*
CrO_3, g/l	10	–	30	–
$Na_2Cr_2O_7$, g/l	–	80 – 100	30	–
H_3PO_4, g/l	50	–	–	–
NaOH, g/l	–	–	–	5
pH	–	–	4 – 6,5	–
Nhiệt độ, °C	85	80 – 100	5 – 80	20
i_a, A/dm^2	–	–	3 – 5	2 – 5
Thời gian, ph	10 – 20	10 – 20	–	–

Tạo vân hoa: Mạ thiếc dày 3 – 4 μm, nung vật mạ trong không khí đến 250 – 270 °C, thiếc bắt đầu chảy mềm, có màu vàng rơm, lấy ra khỏi lò ngay, để nguội và thiếc tái kết tinh thành các tinh thể to, hoạt hóa trong H_2SO_4 5% 2 – 3 s, rửa, mạ thiếc lần hai để hiện rõ hơn hình vân hoa; rửa, sấy, sơn không màu. Dung dịch mạ lần hai gồm: $SnSO_4$ 45 – 50 g/l, keo da 1 –1,5 g/l, phenol 3 – 4 g/l, i_c 0,2 – 0,4 A/dm^2, 10 – 20 ph.

5.3.5. Bóc lớp mạ thiếc hỏng

Bóc lớp mạ thiếc trên thép tiến hành theo một trong các cách sau:

– Hòa tan anot trong NaOH 5 – 10%, 60 – 70 °C, i_a = 3 – 10 A/dm^2, catot thép.

– Hòa tan trong axit metanitrobenzonic 25 g/l, 70 – 75 °C, tốc độ hòa tan 3 – 5 μm/h.

– Hòa tan trong HCl (1,19) 1 lít + Sb_2O_3 12 g + nước 125 ml, nhiệt độ phòng.

Bóc lớp mạ thiếc trên đồng, đồng thau bằng một trong các dung dịch:

– Hòa tan trong $FeCl_3$ 75 – 105 g/l, axit axetic (56%) 308 – 462 ml/l, $CuSO_4$ 134 – 158 g/l, nhiệt độ phòng.

– Hòa tan trong HCl (1,18) 1 lít + Sb_2O_3 12 g + nước 125 ml, nhiệt độ 15 – 25 °C. Sb thoát ra bám trên nền được tẩy đi bằng NaOH 10% nóng.

– Hòa tan trong $Fe_2(SO_4)_3$ 100 g/l, H_2SO_4 100 g/l, ở 75 °C.

– Dùng chế phẩm Udystrip 402 hòa tan lớp Sn trên nền thép, đồng, đồng thau...

Bóc lớp mạ thiếc trên nền nhôm bằng cách hòa tan trong HNO_3 50%.

5.4. MẠ CHÌ

Chì, ký hiệu Pb, có màu xám xanh, mềm, rất dẻo, rất bền hóa. Nhiệt độ nóng chảy 327 °C; độ cứng lớp mạ chì 60 – 90 MPa (6,12 – 9,18 kg/mm^2); trọng lượng nguyên tử 207,2, trọng lượng riêng γ = 11,34 g/cm^3; điện trở riêng 0,21.10^{-6} Ω.m, đương lượng điện hóa của Pb^{2+} là 3,866 g/Ah. Trong không khí và trong nước cứng tạo thành màng có tính bảo vệ. Trong nước mềm chì bị hòa tan, gây ô nhiễm nước; chì và các hợp chất của nó rất độc hại.

Chì không tan trong trong axit loãng HCl hay H_2SO_4, chì bền trong không khí vùng công nghiệp. Chì hòa tan trong axit đặc HCl hay H_2SO_4 tại 180 – 200 °C. Chì tan mạnh trong HNO_3, axit axetic, axit oxalic và NaOH.

Điện thế tiêu chuẩn của Pb/Pb^{2+} là –0,126 V, của Pb/Pb^{4+} là 1,8 V. Lớp mạ chì (mạ dày và kín) được dùng để chống ăn mòn cho dụng cụ chứa H_2SO_4, thiết bị tiếp xúc với không khí nhiễm SO_2, H_2S, chống tia X xuyên qua, mạ các móc treo anot và các anot phụ làm việc trong H_2SO_4, CrO_3, H_3PO_4. Lớp mạ chì và hợp kim chì chịu mài mòn tốt, được dùng cho các bộ đôi chịu ma sát khô (khi làm việc, ma sát khô của cặp chì/thép cho hệ số ma sát rất bé 0,05 – 0,06). Có thể mạ chì lên các vật bằng sắt, thép, gang, đồng, hợp kim đồng, nhôm, hợp kim nhôm.

Chiều dày δ lớp mạ có thể từ 3 đến 2000 μm, được tính theo công thức 5.1 hay tra bảng 5.36.

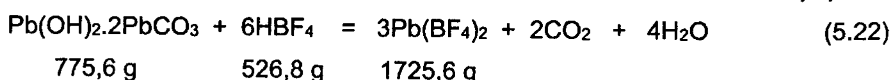
Bảng 5.36. Tốc độ mạ chì trong các dung dịch (μm/h)

Hiệu suất dòng điện H, %	*Mật độ dòng điện i_c, A/dm^2*					
	0,5	*1,0*	*2,0*	*3,0*	*4,0*	*5,0*
90	15,4	30,8	61,6	92,4	123,2	154,0
91	15,5	31,1	62,2	93,3	124,4	155,5
92	15,7	31,5	63,0	94,5	126,0	157,5
93	15,8	31,8	63,6	95,4	127,2	159,0
94	16,0	32,1	64,2	96,3	128,4	160,5
95	16,2	32,5	65,0	97,5	130,0	162,5
100	17,1	34,2	68,4	102,6	136,9	171,1

Mạ chì thường dùng các dung dịch floborat, flosicat, phenol – sunfonat; đôi khi còn dùng dung dịch kiềm, tatrat, sunfamat... Trong dung dịch axit chì ở dạng cation Pb^{2+}, trong dung dịch kiềm chì ở dạng anion PbO_2^{2-}. Tất cả các dung dịch mạ chì đều cho lớp mạ thô, dễ sinh cây, mọc râu; để được lớp mạ mịn, tốt nhất phải dùng các phụ gia hoạt động bề mặt như keo da, gelatin, glyxerin, nhựa thông hay các chế phẩm đặc biệt.

5.4.1. Mạ chì từ dung dịch floborat

Cấu tử ban đầu của dung dịch này là chì cacbonat kiềm và axit floborat theo tỷ lệ:



$$Pb(OH)_2.2PbCO_3 + 6HBF_4 = 3Pb(BF_4)_2 + 2CO_2 + 4H_2O \quad (5.22)$$

775,6 g 526,8 g 1725,6 g

Có thể dùng chì oxit thay cho muối chì trên.

HBF_4 điều chế từ HF và H_3BO_3 (xem mục 5.1.1).

Dung dịch phải có dư (tự do) HBF_4 và H_3BO_3 .

HBF_4 dư có tác dụng cải thiện chất lượng lớp mạ, dùng được i_c cao, tăng độ dẫn điện, chống muối chì thủy phân.

H_3BO_3 dư để chống sinh mùn cặn PbF_2 và dung dịch ổn định hơn.

Phụ gia hoạt động bề mặt như keo động vật, pepton... để chống sinh cây và cho lớp mạ sáng, mịn.

Dung dịch có xu hướng dễ sinh cây, vì vậy khi mạ cho vật có khe, rãnh, lồi, mũi nhọn... nên dùng i_c bé và mạ mỏng (< 25 μm). Cần mạ dày mà vẫn tốt phải gia công catot bằng cách phun cát. Cần mạ thu hồi chì phải cho dư nhiều HBF_4.

Bảng 5.76. Dung dịch floborat mạ chì

Thành phần (g/l) và chế độ mạ chì	*Dung dịch floborat mạ chì*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
$Pb(BF_4)_2$	267	125 – 200	180 – 200	220	440
HBF_4 tự do	50	40 – 60	40 – 50	30	60
H_3BO_3 tự do	13	10 – 30	< 30	13,3	26,6
Keo động vật	0,1 – 0,5	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0	0,2	0,2
Pepton	–	–	–	0,2 – 1,0	0,2 – 1,0
Nhiệt độ, °C	18 – 25	15 – 30	15 – 25	25 – 40	25 – 40
i_c, A/dm^2	1 – 3	0,5 – 2,0	2	2	3
Hiệu suất dòng *H*, %	90 – 99	100	100	100	100
Ứng dụng	Mạ thô	Mạ mỏng	Mạ mỏng	Mạ mỏng	Mạ dày

Tỷ lệ diện tích S_a/S_c = 1/1.

Anot: chì tinh khiết kỹ thuật (xem mục 13.1).

Bể mạ bằng nhựa hay lót nhựa. Khi pha chế cũng phải dùng bể, chậu bằng chất dẻo.

Điện thế nguồn 6 – 12 V.

Pha chế dung dịch: Chế HBF_4 như mục 5.1.1. Chế $Pb(BF_4)_2$ theo phản ứng trên.

Hoà tan $Pb(BF_4)_2$ mới chế, lắng gạn hay lọc vào bể mạ bằng chất dẻo; thêm lượng dư (tự do) HF; lượng dư H_3BO_3 hòa tan bằng nước nóng rồi lọc vào bể; thêm nước đến thể tích đã định; hòa tan các phụ gia rồi bổ sung vào bể; mạ xử lý.

Bảng 5.37. Sự cố thường gặp khi mạ chì từ dung dịch axit

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Cạnh, mép vật mạ mọc cây vươn về phía anot	Dung dịch thiếu phụ gia hoạt động bề mặt. Thêm keo động vật hay pepton.
Lớp mạ thô khắp bề mặt	Hơi thiếu phụ gia keo. Bổ sung. Nhiệt độ dung dịch cao. Hạ bớt. Thiếu axit tự do. Thêm HBF_4 và/hoặc H_3BO_3.
Dung dịch đục	Thiếu axit HBF_4 tự do. Bổ sung.
Dung dịch sinh nhiều cặn	Thiếu axit H_3BO_3 tự do. Bổ sung.
Lớp mạ dễ bong	Nền thấm nhiều hydro khi tẩy axit. Ủ nhiệt trước khi mạ. Bề mặt tẩy rửa chưa sạch. Kiểm tra và điều chỉnh lại.
Cạnh, mép vật mạ sần sùi, rỗ, khí thoát mạnh	Mật độ dòng điện catot cao. Giảm bớt. Dư nhiều axit tự do. Thêm muối chì.

5.4.2. Mạ chì từ dung dịch flosilicat

Dung dịch này rẻ nên được dùng nhiều, nhất là trong điện luyện chì. Lớp mạ chì từ dung dịch này bám kém lên sắt thép, nên phải mạ lót đồng để tăng độ bám.

Cấu tử chính của dung dịch này là chì flosilicat, axit flosilicic và axit boric.

Chú ý nhất là phải giữ nồng độ H_2SiF_6 tự do đúng quy định: thừa – *H*% giảm, khí thoát nhiều ở catot, chất lượng mạ giảm; thiếu – dung dịch thủy phân, sinh khí HF gây ô nhiễm, độc hại.

Nồng độ chì cho phép biến động khá rộng. H_3BO_3 làm tăng chất lượng mạ. Phụ gia keo, gelatin chống sinh cây, cho lớp mạ mịn, nhưng dư keo lớp mạ sẽ tối.

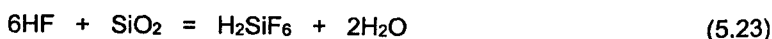
Vận hành dung dịch và các sự cố hay gặp đều tương tự như dung dịch chì floborat.

Bảng 5.39. Dung dịch flosilicat mạ chì

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch mạ chì*			
	1	*2*	*3*	*4*
$PbSiF_6$	150	80 – 150	90 – 250	300
H_2SiF_6 tự do	35	20 – 35	15 – 70	13 – 20
H_3BO_3	–	5 – 6	5	–
Keo động vật	1 – 2	0,5 – 1,0	1	5,4
Nhiệt độ, °C	15 – 18	Phòng	18 – 40	35 – 40
i_c, A/dm²	1 – 2	1,0 – 1,2	1 – 2	0,5 – 8
i_a, A/dm²			–	0,5 – 3
Hiệu suất dòng *H*, %			90 – 95	100

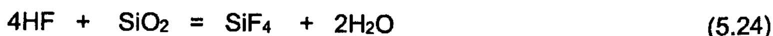
Pha chế dung dịch:

– Chế H_2SiF_6 từ axit flohydric và silic oxit:



$$6HF + SiO_2 = H_2SiF_6 + 2H_2O \quad (5.23)$$

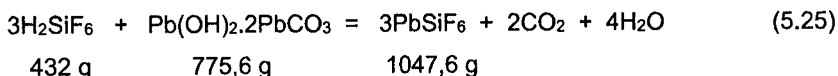
Cách làm: Pha loãng HF (đến 25%) rồi cho chảy rất chậm qua ống nhựa bằng viniplase hay cao su đựng hai lớp thạch anh, lớp đầu gồm các mảnh to cỡ 0,5 cm, lớp dưới gồm mảnh vụn hơn hay cát thạch anh. Cần tính đủ lượng HF để dùng, còn thạch anh nên dùng thừa. Phản ứng tỏa nhiều nhiệt, cần làm nguội kịp thời bằng nước hay nước đá. Nhiệt độ cao quá ống nhựa bị biến dạng và dễ sinh siliflorua SiF_4 bay hơi mất:



$$4HF + SiO_2 = SiF_4 + 2H_2O \quad (5.24)$$

Có thể dùng H_2SiF_6 loãng (100 – 150 g/l), sản phẩm phụ của nhà máy supephotphat, để pha chế các dung dịch mạ loãng.

– Chế $PbSiF_6$ từ axit flosilicic và chì cacbonat kiềm hay chì oxit theo tỷ lệ:



$$3H_2SiF_6 + Pb(OH)_2.2PbCO_3 = 3PbSiF_6 + 2CO_2 + 4H_2O \quad (5.25)$$

432 g   775,6 g   1047,6 g

Khi thực hiện phản ứng này nên cho dư lượng H_2SiF_6 bằng hoặc nhỏ hơn lượng axit H_2SiF_6 tự do đã quy định trong đơn của dung dịch mạ.

Hoà tan H_3BO_3 vào nước nóng và rót vào sản phẩm phản ứng vừa thu được, thêm nước đến thể tích đã định, khuấy đều sẽ được dung dịch mạ. Phân tích, hiệu chỉnh, thêm phụ gia, mạ xử lý. Khi vận hành dung dịch chú ý luôn giữ đúng tỷ lệ giữa muối chì và axit H_2SiF_6 tự do theo đơn mạ đã quy định.

5.4.3. Mạ chì từ dung dịch phenolsunfonat

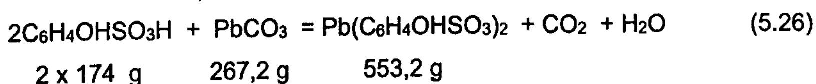
Thành phần (g/l)	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
$Pb(C_6H_4OHSO_3)_2$	170 – 180	140 – 200
$C_6H_4OHSO_3H$	20 – 25	20 – 40
Keo động vật	0,4 – 0,5	0,5 – 1,0
Nhiệt độ, °C	18 – 60	18 – 60
i_c, A/dm²	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0
Hiệu suất dòng H, %	90 – 95	90 – 95

Các dung dịch này cho lớp mạ sáng, gắn bám tốt với nền.

Pha chế dung dịch:

Chế axit phenolsunfonic $C_6H_4OHSO_3H$ từ phenol và axit sunfuric theo công thức (5.17) như đã nói ở mục 5.3.1.

Chế chì phenolsunfonat $Pb(C_6H_4OHSO_3)_2$ theo phản ứng và tỷ lệ như sau:



$$2C_6H_4OHSO_3H + PbCO_3 = Pb(C_6H_4OHSO_3)_2 + CO_2 + H_2O \quad (5.26)$$

2 x 174 g   267,2 g   553,2 g

Hỗn hợp thu được cho thêm lượng $C_6H_4OHSO_3H$ tự do, khuấy cho tan hết, thêm nước đến thể tích đã định, lọc vào bể mạ, mạ xử lý trước khi dùng.

5.4.4. Mạ chì từ dung dịch kiềm

Trong dung dịch kiềm, chì tồn tại ở dạng plumbit Na_2PbO_2 hay K_2PbO_2, chúng phân ly tương tự như zincat Na_2ZnO_2 trong mạ kẽm, nhưng độ hòa tan của plumbit kém hơn nên phải mạ ở nhiệt độ cao hơn. Thành phần dung dịch đơn giản, dễ pha chế nên được dùng khá phổ biến.

Thành phần (g/l)	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
Chì axetat $Pb(C_2H_3O_2)_2$	75	–
Pb (tính ra kim loại)	–	80 – 100
NaOH	200	140 – 180
Muối tatrat $KNaC_4H_4O_6$	50	–

Glyxerin	$C_3H_5(OH)_3$	–	50 – 60
Nhựa thông		6	–
Sn (dạng stanat)		–	0,3 – 1,0
Nhiệt độ dung dịch, °C		60 – 70	20 – 60
Mật độ dòng điện i_c, A/dm^2		1,5	0,5 – 2,0
Hiệu suất dòng H, %		100	100

Anot: chì phải có độ sạch cao (xem mục 13.1).

Mạ lót đồng hoặc kền 0,2 – 0,5 μm lên sắt thép trước khi mạ chì để tăng độ bám.

Dung dịch này có xu hướng dễ sinh "cây", hạn chế bằng cách: tăng nhiệt độ, thêm phụ gia như Sn^{4+} 0,3 – 1,0 g/l và Hg^{2+} 1 – 2 g/l.

Muối tatrat chống thụ động anot, ổn định quá trình mạ.

Glyxerin làm tăng độ hòa tan của chì do tạo thành chì glyxerat dễ tan nên có thể mạ tĩnh dày đến 1200 μm với i_c = 0,5 A/dm^2 mà không sinh cây. Khuấy dung dịch có thể dùng i_c đến 2 – 3 A/dm^2 và mạ dày 400 – 500 μm vẫn tốt. Glyxerin đảm bảo cho anot chì hòa tan tốt và hiệu suất dòng điện anot và catot đều bằng 100%.

Dung dịch kiềm dần dần bị cacbonat hoá, khi nồng độ Na_2CO_3 quá nhiều phải loại bỏ như đã nói ở mạ kẽm xyanua (mục 5.1.2).

Pha chế dung dịch theo hai cách:

– Hòa tan hóa học $Pb(OH)_2$ mới chế (từ chì axetat với xút) vào dung dịch NaOH hay KOH ở 80 °C.

– Hòa tan anot chì kim loại trong trong dung dịch kiềm nóng 60 °C có màng xốp ngăn cách không gian catot tách riêng khỏi không gian anot. Catot và bể chứa bằng thép.

5.4.5. Bóc lớp mạ chì hỏng

– Hòa tan anot lớp mạ chì trên thép trong NaOH 10% ở 60 – 70 °C với i_a = 1 – 3 A/dm^2.

– Hòa tan hóa học trong Na_3CO_3 300 – 450 g/l + Na_2CrO_4 80 – 100 g/l, ở 60 – 85 °C.

Chương 6
MẠ ĐỒNG VÀ MẠ KỀN

6.1. MẠ ĐỒNG

Đồng, ký hiệu Cu, là kim loại dẻo, màu hồng. Trọng lượng riêng γ = 8,96 g/cm^3, trọng lượng nguyên tử 63,54, nhiệt độ nóng chảy 1083 °C, điện trở riêng ở 20 °C là 1,68. 10^{-8} Ω.m. Độ dẫn điện và dẫn nhiệt lớn gấp 6 – 7 lần sắt, gấp 1,5 lần nhôm, vì vậy đồng được dùng làm cầu catot, anot cho các bể điện phân, làm khung treo vật mạ, làm dây dẫn điện...

Đồng có các hóa trị +1 và +2, đương lượng điện hóa của Cu^+ là 2,372 g/Ah, của Cu^{2+} là 1,186 g/Ah. Điện thế tiêu chuẩn của Cu/Cu^{2+} là +0,34 V, của Cu/Cu^+ là +0,52 V, của Cu^+/Cu^{2+} là +0,15 V. Do đồng có điện thế dương hơn sắt, thép, kẽm, hợp kim kẽm... nên lớp mạ đồng trên chúng phải *kín* mới có tác dụng bảo vệ, nếu lớp mạ mỏng, nhiều lỗ thủng thì tốc độ ăn mòn của chúng có khi còn nhanh hơn không mạ. Độ cứng của lớp mạ đồng 500 – 1500 MPa (51 – 153 kg/mm^2), dung dịch sunfat cho độ cứng thấp hơn dung dịch xyanua.

Đồng dễ đánh bóng đến độ bóng cao, nhưng cũng dễ tác dụng với hơi ẩm, chất xâm thực trong không khí và mau chóng bị mờ đi, do bị phủ lớp CuS màu xám, nâu hoặc phủ lớp $CuCO_3$ màu xanh. Đồng tan mạnh trong HNO_3, trong H_2SO_4 đặc, nóng và trong H_2CrO_4. Đồng không bền trong NH_4OH, trong kiềm. Đồng khá bền trong H_2SO_4 loãng, trong HCl.

Lớp mạ đồng được dùng vào các lĩnh vực:

- Mạ lót dưới lớp mạ kền, crom thường dày 6 – 30 μm (xem mục 4.3).
- Mạ chống thấm than cục bộ cho các chi tiết máy 48 – 50 μm.
- Mạ chế tạo bimetal dùng để dẫn điện 10 – 70 μm.
- Mạ tăng độ dẫn điện cho chi tiết thép 10 – 200 μm.
- Mạ các mặt mài nghiền sít nhau 5 – 15 μm.
- Mạ lên kim loại đen để dễ hàn 6 – 30 μm.
- Mạ để nhuộm màu cho đồng 15 – 25 μm.
- Mạ trục in lõm cỡ 3000 μm.
- Mạ phục hồi kích thước đến 3000 μm.
- Mạ chép hình nghệ thuật trên 1000 μm.

6.1.1. Tính chất các loại dung dịch mạ đồng

Có hai nhóm dung dịch mạ đồng:

Dung dịch axit đơn gồm các dung dịch sunfat, floborat, nitrat, flosilicat, sunfamat và clorua; thành phần đơn giản, làm việc ổn định, dùng được mật độ dòng điện cao, nhất là khi khuấy và tăng nhiệt độ dung dịch, hiệu suất dòng điện cao, gần hoặc bằng 100%. Thành phần chính là muối đồng và axit tương ứng của nó. Đồng phóng điện từ ion Cu^{2+} ở điện thế dương và ít thay đổi theo mật độ dòng điện, nhất là dung dịch sunfat. Lớp mạ gồm các tinh thể thô to nhưng khá kín.

Nhược điểm chung của các dung dịch axit là khả năng phân bố bé và không được mạ trực tiếp lên nền sắt thép, hợp kim kẽm và các kim loại có điện thế âm hơn đồng (xem bảng 1.9). Vì khi nhúng các kim loại này vào dung dịch axit mạ đồng, chưa hề nối điện đã lập tức xảy ra phản ứng tiếp xúc, ion đồng bị đẩy ra khỏi muối của nó thành lớp đồng tơi xốp, gắn bám rất kém. Vì vậy muốn mạ đồng axit cho sắt thép, kẽm, hợp kim kẽm nhất thiết phải mạ lót trước một lớp đồng mỏng (cỡ 3 μm) từ dung dịch kiềm phức xyanua, trong dung dịch này điện thế catot của đồng rất âm (âm hơn dung dịch sunfat đến 0,9 – 1,2 V) nên không diễn ra phản ứng tiếp xúc được. Cũng có thể thay lớp lót đồng bằng lớp mạ lót kền (1 – 5 μm) từ các dung dịch axit bình thường rồi lập tức mạ đồng axit ngay.

Dung dịch kiềm phức đồng nằm trong các ion phức có độ phân ly rất bé. Để khử được các ion phức này cần phân cực catot lớn, do đó mà điện thế phóng điện của các ion phức đồng này rất âm. Dung dịch kiềm phức mạ đồng gồm các loại: dung dịch xyanua, pyrophotphat, tripolyphotphat, amoni, etylendiamin, oxalat, xitrat...

Hằng số không bền *K*, đặc trưng cho mức độ hoạt hóa của chúng, rất bé:

Phức xyanua	$[Cu(CN)_3]^{2-}$	$K = 2,6.10^{-29}$
Phức etylendiamin	$[Cu(NH_2CH_2CH_2NH_2)_2]^{2+}$	$K = 7,14.10^{-21}$
Phức pyrophotphat	$[Cu(P_2O_7)_2]^{6-}$	$K = 3,0.10^{-13}$
Phức amoni	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$	$K = 2,14.10^{-13}$

Trong các dung dịch phức, điện thế cân bằng của đồng dịch chuyển về phía âm rất nhiều. Hiệu suất dòng điện bé và giảm nhiều khi dùng mật độ dòng điện lớn. Khả năng phân bố lớn, tinh thể nhỏ mịn.

Dung dịch phức xyanua có nhiều ưu điểm nhất trong số các dung dịch phức: khả năng phân bố cao nhất, mạ trực tiếp được lên sắt thép cho độ gắn bám tốt; lớp mạ mịn, ít lỗ châm kim. Nhưng dung dịch xyanua độc, đắt, phải thường xuyên bổ sung, điều chỉnh, hiệu suất dòng điện thấp (< 70%). Có thể dùng nồng độ thấp và nhiệt độ phòng để giảm độc hại nhưng hiệu suất dòng điện lại bé và chỉ dùng được mật độ dòng điện thấp.

Tốc độ mạ đồng tính theo công thức (5.1) hay tra bảng 6.1.

Bảng 6.1. Tốc độ mạ đồng trong các dung dịch (μm/h)

Hiệu suất dòng H, %	*Mật độ dòng i_c, A/dm²*							
	0,5	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*10*	*20*
Dung dịch axit								
95		12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	125	250
96		12,6	25,2	37,8	50,4	63,0	126	252
97		12,7	25,4	38,1	54,8	63,5	127	254
98		12,9	25,8	38,7	51,6	64,5	129	258
99		13,1	26,2	39,3	52,4	65,6	131	262
100		13,2	26,5	39,7	53,0	66,0	132	265
Dung dịch xyanua								
40	5,3	10,7	21,4	32,1	42,8	53,5		
50	6,6	13,2	26,4	39,6	52,8	66,0		
60	7,9	15,9	331,9	47,9	63,8	79,0		
70	9,3	18,6	37,2	56,0	74,4	93,0		
80	10,7	21,3	42,6	63,9	85,2	107		
90	12,0	24,0	48,0	72,0	96,0	120		
100	13,2	26,6	53,2	80,0	106	132		

6.1.2. Mạ đồng từ dung dịch axit

Dung dịch sunfat dùng rất phổ biến; không độc, tinh thể thô, to, làm việc ổn định, rẻ, dễ vận hành bảo dưỡng, dùng được mật độ dòng điện i_c lớn; hiệu suất dòng điện cao, *H* xấp xỉ 100%, nên được dùng làm điện lượng kế; có thể cho lớp mạ rất dày nên được dùng để mạ "đúc điện"; khả năng phân bố rất thấp nên chỉ mạ cho các vật có hình dạng đơn giản; độ gắn bám trực tiếp lên sắt thép, kẽm, hợp kim kẽm rất kém nên phải mạ lót đồng xyanua hay kền trước.

Thành phần dung dịch chỉ gồm $CuSO_4$, H_2SO_4 và có thể thêm phụ gia, chất bóng.

$CuSO_4.5H_2O$ có độ hòa tan ở 25 °C là 352 g/l nhưng dung dịch mạ thường dùng từ 200 – 250 g/l. Đồng sunfat hòa tan vào nước thường bị thủy phân nên dung dịch bị đục, tránh hiện tượng này bằng cách dùng nước đã có một ít axit sunfuric. Dung dịch $CuSO_4$ dẫn điện kém (bảng 6.2).

H_2SO_4 có tác dụng tăng độ dẫn điện cho dung dịch (bảng 6.2), lớp mạ đồng mịn, nhẵn hơn, chống dung dịch bị thủy phân. Tuy nhiên nó cũng có tác dụng bất lợi là giảm độ hòa tan của $CuSO_4$, ví dụ ở 25 °C trong nước đồng sunfat hòa tan được 352 g/l, trong H_2SO_4 1N hòa tan được 304 g/l, còn trong H_2SO_4 2N chỉ hòa tan được 267 g/l. Dung dịch mạ thường dùng 50 – 70 g/l H_2SO_4.

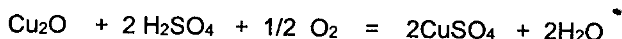
Bảng 6.2. Ảnh hưởng của nồng độ H_2SO_4 đến độ dẫn điện riêng của dung dịch

Nồng độ (g/l) $CuSO_4.5H_2O$	*Nồng độ H_2SO_4 . g/l*				
	0	*50*	*100*	*150*	*200*
	Độ dẫn điện riêng tại 25°C, $\Omega^{-1}.cm^{-1}$				
0	–	0,2165	0,4069	0,5559	0,6684
50	0,0148	0,1977	0,3714	0,5123	0,6195
100	0,0252	0,1868	0,3480	0,4819	0,5729
150	0,0333	0,1772	0,3214	0,4392	0,5256
200	0,0402	0,1750	0,3017	0,4087	0,4852

Tạp chất đáng ngại là asen, antimon và oxit đồng hóa trị +1 có trong anot và hóa chất, chúng làm lớp mạ kém bóng nhẵn, gây sần sùi, u bướu, nhất là khi mạ dày. Tạp chất Cu^+ có mặt trong dung dịch mạ còn do phản ứng giữa anot đồng, mùn cặn đồng, giá treo có đồng... với dung dịch Cu^{2+} (nhất là khi nhiệt độ dung dịch tăng): $Cu + Cu^{2+} \rightarrow 2Cu^+$; Cu^+ sinh ra sẽ tồn tại dưới các dạng khó tan như Cu(OH), Cu_2O, Cu_2SO_4... làm vẩn đục dung dịch và gây nên các hư hỏng trên. Loại bỏ các hợp chất Cu^+ khó tan này bằng cách oxy hóa chúng thành các hợp chất Cu^{2+} dễ tan, muốn vậy dung dịch phải cho dư H_2SO_4 và khuấy bằng không khí nén:



$$Cu_2SO_4 + H_2SO_4 + 1/2\ O_2 = 2CuSO_4 + H_2O$$



$$Cu_2O + 2\ H_2SO_4 + 1/2\ O_2 = 2CuSO_4 + 2H_2O$$

Một số chất hữu cơ tạo keo trong dung dịch và mùn anot cũng làm sần sùi và hư hỏng lớp mạ.

Khi mạ bóng thường lọc dung dịch liên tục bằng cách bơm dung dịch từ bể mạ qua máy lọc, vào bể nhỏ để mạ xử lý rồi trở về bể mạ với lưu lượng lớn thì có thể giảm hay không cần sục không khí nén mà vẫn cho phép dùng i_c cao.

Các chất bóng chỉ phát huy tác dụng tốt khi nồng độ ion clo của dung dịch nằm trong giới hạn đã ghi. Lưu ý nước pha dung dịch có thể có sẵn clo.

Bảng 6.3 giới thiệu một số dung dịch sunfat mạ đồng hay dùng.

Điện thế nguồn một chiều < 6 V.

Anot: dùng loại có độ sạch cao, chứa 99,9% Cu và phải bao bằng vải polypropylen bền hóa để giữ mùn anot lại. Mạ bóng phải dùng anot có chứa 0,03 – 0,06% P để khi tan không sinh mùn cặn. Anot đúc lẫn nhiều Cu_2O không tốt.

Bể mạ có lót chất dẻo chống ăn mòn. Bể mạ bóng cần trang bị bộ phận sục khí nén. Tốt nhất là mạ trong điều kiện có bơm, lọc tuần hoàn liên tục.

Bảng 6.3. Dung dịch mạ đồng sunfat

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch mạ đồng sunfat*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
$CuSO_4.5H_2O$	200 – 250	150 – 250	200 – 250	180 – 240	240 – 250
H_2SO_4 (1,84)	50 – 70	50 – 70	35 – 70	45 – 60	40 – 60
Dextrin sunfo hoá	–	0,8 – 1,0	–	–	–
Sunfurol – 8	–	0,1 – 0,2	–	–	–
Chất bóng B – 7211	–	–	3 – 5 ml/l	–	–
Chất bóng Ubac 1A	–	–	–	1,5 – 2,5	–
Chất bóng LTI Avangard	–	–	–	–	1 – 10
Ion clo cho phép, mg/l	–	–	30 – 75	28 – 80	30 – 60
Nhiệt độ, °C	15 – 25	25 – 48	18 – 30	24 – 40	15 – 25
i_c, A/dm²					
– Tĩnh	1 – 2		2		–
– Sục không khí nén	6 – 8	< 8	7	3 – 6	6
i_a, A/dm²	–	–	< 2,5	1,5 – 3	–
Hiệu suất dòng *H*, %	95 – 98	–	–	–	–
Ứng dụng	Mạ mờ, dày	Mạ mờ, mịn	Mạ bóng	Mạ bóng, dẻo	Mạ bóng

Bảng 6.4. Sự cố hay gặp khi mạ đồng sunfat

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp mạ nhám, sùi	Dung dịch nhiều cặn bẩn. Lọc dung dịch; bao lại anot.
Lớp mạ thô, rời, nhám ở chỗ lõm	Thiếu H_2SO_4. Thêm axit theo số liệu phân tích. Mật độ dòng điện catot thấp. Tăng i_c lên.
Lớp mạ đỏ xẫm, tại mép bị nhám, sùi, cây	Mật độ dòng điện catot quá lớn. Giảm i_c xuống. Catot quá gần anot. Chỉnh lại.
Khí thoát nhiều ở catot, lớp mạ tơi, sùi	Thừa nhiều axit sunfuric và nồng độ đồng thấp. Thêm $CuSO_4$ và pha loãng.
Lớp mạ bám kém, dễ bong	Bề mặt nền chưa sạch. Kiểm tra và điều chỉnh lại. Dung dịch tẩy nhẹ có lẫn đồng. Thay dung dịch tẩy nhẹ. Lớp mạ lót quá mỏng. Tăng chiều dày lớp mạ lót.
Lớp mạ giòn, sọc sáng	Dung dịch lẫn tạp hữu cơ, thuốc đánh mài... Thêm 0,5 – 1 g/l $KMnO_4$, đun sôi 30 ph, lọc qua than hoạt tính.
Lớp mạ sáng nhưng lấm tấm hồng, rửa sẽ mất	Lớp mạ lót quá mỏng nên đồng vẫn thoát tiếp xúc được tại các điểm còn hở. Mạ lót dày trên 2 – 3 µm.
Lớp mạ bị rỗ	Dung dịch lẫn tạp hữu cơ, dầu mỡ. Thêm 0,5 g/l dextrin sunfo hóa + 1 g/l NaF hay KF.
Lớp mạ thô, $CuSO_4$ kết tinh trên anot và đáy bể, dòng điện tụt thấp	Nồng độ $CuSO_4$ quá lớn (> 250 g/l). Bỏ bớt một phần dung dịch và pha loãng đến nồng độ thích hợp.
Lớp mạ có vệt đen hay nâu, điểm các vệt sáng	Dung dịch lẫn asen, antimon, nếu > 1 g/l thay dung dịch, nếu < 1 g/l thì mạ xử lý với i_c lớn.

Bảng 6.4 kê các hư hỏng thường gặp khi mạ đồng sunfat.

Pha chế dung dịch: Rót từ từ và cẩn thận H_2SO_4 vào nước đựng trong bể nhựa hay gốm sứ, khuấy đều. Cho tiếp đồng sunfat vào và khuấy cho tan hết. Thêm nước đến thể tích đã định. Để lắng, lọc vào bể mạ (có lót chất dẻo chống ăn mòn). Các phụ gia rắn pha riêng trong nước rồi bổ sung vào dung dịch, phụ gia lỏng cho trực tiếp vào bể. Mạ xử lý với i_c = 0,5 A/dm^2 trong nhiều giờ cho đến khi được lớp mạ tốt. Nước pha chế dung dịch mạ bóng không được phép có hàm lượng ion clo quá lượng quy định như trong đơn pha chế. Pha chế xong đo tỷ trọng để làm chuẩn cho việc kiểm tra sơ bộ về nồng độ sau này khi cần.

Mạ đồng từ dung dịch floborat

Dung dịch ổn định, mật độ dòng điện cao, cho lớp mạ kín mịn, anot tan ít sinh mùn. Dung dịch này đắt và chỉ mạ cho vật có hình dạng đơn giản. Vật bằng sắt thép, kẽm, hợp kim kẽm phải mạ lót kền hay đồng xyanua 2 – 3 μm trước.

Pha chế dung dịch xong đo tỷ trọng để làm chuẩn, giúp cho việc kiểm tra sơ bộ sau này được tiện lợi mỗi khi cần.

Theo dõi dung dịch bằng cách thường xuyên kiểm tra tỷ trọng, pH.

Chỉnh nồng độ đồng bằng $Cu(OH)_2$ và HBF_4.

Chỉnh pH bằng Na_2CO_3 và axit HBF_4.

Bảng 6.5. Dung dịch mạ đồng floborat

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch mạ đồng floborat*			
	1	*2*	*3*	*4*
$Cu(BF_4)_2$	230 – 238	35 – 40	220 – 230	450
HBF_4	10 – 15	15 – 18	2 – 3	30
H_3BO_4	10 – 15	15 – 20	15 – 16	30
Nhiệt độ, °C	18 – 25	15 – 25	60 – 70	20 – 40
i_c, A/dm^2	10 – 20	< 10	25 – 50	< 40
pH	–	1	1,2 – 1,7	0,2 – 0,6
Hiệu suất dòng *H*, %	–	99 – 100	99 – 100	–

Anot: đồng. Khuấy bằng khí nén hay đu đưa catot.

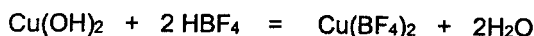
Tăng nhiệt độ và khuấy sẽ tăng được i_c lên gấp 2 – 3 lần.

Pha chế dung dịch:

– Chế HBF_4 – xem công thức (5.2) tại mục 5.1.1.

– Chế $Cu(OH)_2$ bằng cách rót dung dịch NaOH loãng vào dung dịch $CuSO_4$ (khuấy đều) cho đến khi hết sinh kết tủa thì ngừng rót. Gạn bỏ nước và rửa kết tủa cho hết kiềm dư và ion sunfat.

– Hòa tan $Cu(OH)_2$ vừa chế được vào axit floboric sẽ được floborat đồng:



$$Cu(OH)_2 + 2HBF_4 = Cu(BF_4)_2 + 2H_2O$$

– Dung dịch thu được thêm HBF_4 đến giá trị pH yêu cầu; thêm H_3BO_3 theo đơn chỉ dẫn; thêm nước đến thể tích đã định để được dung dịch có nồng độ các chất đúng quy định.

Mạ đồng từ dung dịch flosilicat

Dung dịch này có tính chất tương tự như dung dịch floborat nhưng rẻ hơn. Có thể dùng H_2SiF_6, một phụ phẩm của nhà máy supephotphat có nồng độ 100 – 150g/l, để pha chế dung dịch này.

Thành phần	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
$CuSiF_6$	250 – 300 g/l	300 – 450 g/l
H_2SiF_6	10 – 15 g/l	12 – 18 g/l
Nhiệt độ, °C	15 – 60	18 – 25
Mật độ dòng điện, A/dm²	8 – 10	6 – 10
Hiệu suất dòng *H*, %	100%	–

Anot: đồng.

Tăng nhiệt độ và khuấy dung dịch hay đu đưa catot sẽ tăng được i_c lên gấp đôi.

Pha chế dung dịch: tương tự như đã nói ở mục 5.4.3.

Tốc độ mạ: xem công thức (5.1) hay tra bảng 6.1 (giống dung dịch sunfat).

Mạ đồng trong dung dịch nitrat

Dùng trong mạ đúc. Thành phần và chế độ mạ như sau:

$Cu(NO_3)_2 . 3H_2O$	500 – 600 g/l	750 – 950 g/l
$CuCl_2 .2H_2O$	0,4 g/l	0,3 – 0,7 g/l
Quinon $C_6H_4O_2$	–	0,2 1,0 g/l
Nhiệt độ	18 – 25 °C	15 – 25 °C
Mật độ dòng điện	2 – 20 A/dm²	10 – 20 A/dm²
pH	1 – 2	–
Hiệu suất dòng *H*	–	100%

Dung dịch 2 phải thường xuyên bổ sung H_2O_2 để chuyển hydroquinon $C_6H_4(OH)_2$, sinh ra trong quá trình làm việc, trở về quinon như lúc đầu. Lớp mạ dẻo, ứng suất nội bé.

Mạ đồng từ dung dịch clorua

Dung dịch này cho phép mạ đồng trực tiếp lên sắt thép:

CuCl	40 – 50 g/l
NaCl	40 – 50 g/l
HCl	220 – 250 g/l
Thuốc hãm U–2	4 – 5 g/l

Keo da	2 – 3 g/l
Nhiệt độ	15 – 25 °C
Mật độ dòng điện i_c	5 A/dm²
Hiệu suất dòng điện *H*	80%

Mạ đồng từ dung dịch sunfamat

Dùng để mạ dày thêm cho các vi mạch, các vật bằng thép... đã phủ trước một lớp đồng bằng cách bốc bay chân không:

$CuSO_4.5H_2O$	150 – 250 g/l
Axit sunfamic NH_2SO_2OH	5 – 15 g/l
Nhiệt độ mạ	phòng
Mật độ dòng điện i_c	2 – 3 A/dm²
pH	1,2 – 2,2

6.1.3. Mạ đồng từ các dung dịch phức

Các dung dịch phức mạ đồng là: xyanua, pyrophotphat, etyendiamin, feroxyanua, amoniacat, oxalat, xitrat, tripolyphotphat, hexametaphotphat...

Dung dịch xyanua, đồng hóa trị +1, tốc độ mạ tính theo công thức (5.1) hay tra ở phần dưới của bảng 6.1. Các dung dịch phức khác, đồng hóa trị +2, tốc độ mạ tính theo công thức (5.1) hay tra theo dung dịch axit của bảng 6.1.

Dung dịch xyanua độc, cho lớp mạ dày đều nhất trên vật có hình thù phức tạp, độ gắn bám tốt nhất trên sắt thép, kẽm, hợp kim kẽm. Các dung dịch phức khác ít độc hoặc không độc, nhưng các chỉ tiêu chất lượng khác đều không bằng dung dịch xyanua.

Mạ đồng từ dung dịch xyanua

Dùng để mạ đồng trực tiếp lên sắt, thép, kẽm, hợp kim kẽm... cho độ gắn bám cao, để mạ cho các vật có hình thù phức tạp. Trong dung dịch mạ, đồng hóa trị (I) nằm ở anion phức $[Cu(CN)_3]^{2-}$ là chính nếu nồng độ CN^- lớn và ở anion $[Cu(CN)_2]^-$ là chính nếu dùng nồng độ CN^- thấp.

Tăng dần hàm lượng CN^- trong dung dịch lên thì phức sinh ra càng chứa nhiều lygan CN^- trong nội cầu phức và phức càng bền (hằng số không bền *K* của chúng càng bé):


$$NaCN + 2\,CuCN = Na[Cu_2(CN)_3]$$

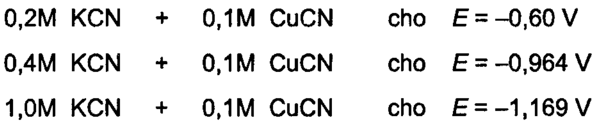

$$2\,NaCN + 3\,CuCN = Na_2[Cu_3(CN)_5]$$


$$NaCN + CuCN = Na[Cu(CN)_2] \qquad K = 1.0.10^{-24}$$


$$2\,NaCN + CuCN = Na_2[Cu(CN)_3] \qquad K = 2,6.10^{-29}$$


$$3\,NaCN + CuCN = Na_3[Cu(CN)_4] \ldots \qquad K = 5.10^{-31}$$

Đồng thời điện thế phóng điện E của chúng càng dịch chuyển nhiều về phía âm hơn, ví dụ:



0,2M KCN + 0,1M CuCN cho $E = -0,60$ V

0,4M KCN + 0,1M CuCN cho $E = -0,964$ V

1,0M KCN + 0,1M CuCN cho $E = -1,169$ V

Nồng độ CN^- trong dung dịch càng lớn thì anot đồng càng dễ tan và tan thành ion Cu^+ không màu; thiếu CN^- tự do anot đồng sẽ khó tan (do bị thụ động) và có thể tan thành ion Cu^{2+} màu xanh.

Ngoài NaCN, có thể chống thụ động anot bằng muối tatrat $KNaC_4H_4O_6.4H_2O$ (20 – 50 g/l) hay kali sunfoxyanua KCNS nhưng phải dùng nhiệt độ cao.

Khử ion Cu^{2+} (màu xanh) thành ion Cu^+ (không màu) bằng 1 – 2 g/l natri tiosunfat $Na_2S_2O_3$ hay natri sunfit Na_2SO_3.

Na_2CO_3 tự sinh ra và tăng dần nồng độ lên do dung dịch kiềm hấp thụ CO_2 trong không khí. Khi nồng độ Na_2CO_3 > 80 g/l, phải kết tủa bớt bằng $BaCl_2$ rồi lọc bỏ.

Trong quá trình làm việc cần thường xuyên phân tích theo dõi nồng độ Cu^+, NaCN tự do, Na_2CO_3.

Bảng 6.6 kê một số dung dịch mạ đồng xyanua.

Bảng 6.6. Dung dịch mạ đồng xyanua

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch mạ đồng xyanua*						
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
CuCN	22,5	90	120	26 – 32	50 – 70	35	75
NaCN tổng	33,5	110	135	24 – 38	40 – 63	103/KCN	93
NaCN tự do	7,5	8 – 10	3,8	10 – 20	10 – 25	–	18
NaOH	pH 12	pH 12,6	pH 13	–	pH 11	–	30
Na_2CO_3	15	50 – 80	15	–	–	–	–
Udylite #60	–	–	–	–	–	1,25 ml/l	–
Nhiệt độ, °C	30 – 43	20 – 30	77 – 82	phòng	40 – 50	60 – 70	60 – 80
i_c, A/dm²	1,1 – 1,6	< 1,5	3,2 – 6,5	0,3 – 0,5	1 – 5	< 2,2	1 – 1,1
i_a, A/dm²	–	–	–	–	–	1,1 – 1,65	1,5 – 4
H, %	30	90	100	60 – 70	–	–	99
Ứng dụng	Mạ lót cho Zn	Mạ lót cho Fe	Mạ dày ~ 50 μm	Mạ lót, chậm	Phổ biến	Mạ bóng, lót cho Zn	H% cao, mạ nhanh

Tỷ lệ diện tích các cực $S_a/S_c \geq 2/1$.

Anot đồng, lồng trong túi vải polypropylen.

Phải có thiết bị hút khí cho bể mạ.

Khuấy chỉ áp dụng cho dung dịch 6 và 7.

Bể mạ bằng thép hoặc chất dẻo.

Điện thế nguồn một chiều: 6 V.

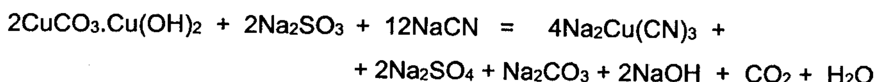
Chất bóng: Chì axetat $Pb(C_2H_3O_2)_2.3H_2O$ 0,015 – 0,03 g/l, hay natri hyposunfit $Na_2S_2O_3$ 0,2 – 0,3 g/l cho lớp mạ bán bóng, hoặc chế phẩm tổng hợp Udylite #60 của hãng Enthone – OMI đang có bán ở thị trường Việt Nam.

Pha chế dung dịch: Hòa tan NaCN vào 1/2 thể tích bể bằng nước 60 – 70 °C, thêm từ từ CuCN vào và khuấy liên tục. Để lắng, gạn, lọc vào bể mạ, phần đục chưa tan cho thêm nước nóng, khuấy cho tan hết, lắng, gạn, lọc vào bể mạ. Thêm các cấu tử còn lại, thêm nước đến thể tích đã định, khuấy đều; phân tích nồng độ, đặc biệt là NaCN tự do, điều chỉnh nếu cần.

Có thể thay CuCN bằng các hóa chất khác và cách làm như sau:

– Dùng $CuSO_4.5H_2O$ hòa tan thành dung dịch 80 – 85 g/l vào nước nóng 40 – 50 °C, rót từ từ dung dịch Na_2CO_3 đặc (45 g/l), nóng (40 – 50 °C) vào và khuấy cho đến khi dung dịch mất màu xanh, được kết tủa $CuCO_3.Cu(OH)_2$ xanh nhạt, để lắng, gạn, rửa 2 – 3 lần kết tủa bằng nước ấm cho hết ion SO_4^{2-}. Chú ý giữ đúng nhiệt độ 40 – 50 °C khi pha chế.

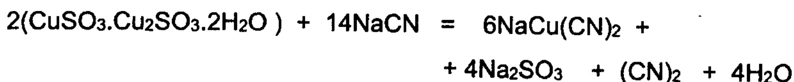
Pha dung dịch Na_2SO_3 35 g/l bằng nước nóng, và dung dịch NaCN 55 g/l bằng nước nóng. Rót dung dịch Na_2SO_3 vào kết tủa $CuCO_3.Cu(OH)_2$, khuấy để khử Cu^{2+} thành Cu^{+}. Sau đó rót dung dịch NaCN vào, khuấy, để tạo ra phức $Na_2Cu(CN)_3$:



$$2CuCO_3.Cu(OH)_2 + 2Na_2SO_3 + 12NaCN = 4Na_2Cu(CN)_3 + 2Na_2SO_4 + Na_2CO_3 + 2NaOH + CO_2 + H_2O$$

Sản phẩm của phản ứng này được phân tích và điều chỉnh thành dung dịch mạ.

– Rót và khuấy từ từ dung dịch Na_2SO_3 160 g/l, nóng 65 – 70 °C vào dung dịch $CuSO_4$ 80 g/l, nóng 65 – 70 °C cho đến khi dung dịch mất màu xanh. Kết tủa thu được là $CuSO_3.Cu_2SO_3.2H_2O$ có màu đỏ nâu, để lắng, gạn, rửa kết tủa vài lần bằng nước nóng. Hòa tan kết tủa này bằng dung dịch NaCN 200 – 300 g/l (đã kiềm hóa bằng NaOH) sẽ xảy ra phản ứng:



$$2(CuSO_3.Cu_2SO_3.2H_2O) + 14NaCN = 6NaCu(CN)_2 + 4Na_2SO_3 + (CN)_2 + 4H_2O$$

Sản phẩm của phản ứng này được pha chế tiếp thành dung dịch mạ dựa theo số liệu phân tích.

Bảng 6.7. Sự cố khi mạ đồng xyanua

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Catot thoát khí mạnh, mạ không ăn, anot sáng	Thừa nhiều NaCN tự do và thiếu CuCN. Phân tích nồng độ dung dịch rồi hiệu chỉnh lại.
Anot có đốm trắng, dung dịch gần anot màu xanh	Thiếu xyanua tự do. Bổ sung để chống thụ động anot. Diện tích anot bé. Thêm anot, để đạt $S_a/S_c \geq 2$.
Anot có đốm nâu, xanh	i_a quá lớn, anot bị thụ động. Tăng S_a để đạt $S_a/S_c \geq 2$. Nồng độ NaCN thấp. Bổ sung. Mật độ dòng i_c quá lớn. Giảm bớt. Giá trị pH thấp. Chỉnh lại đến pH 11,5.
Nồng độ Cu^+ giảm nhanh	Thiếu xyanua tự do. Bổ sung cho đủ lượng quy định. Anot thụ động. Thêm anot hoặc thay mới anot.
Anot bị thụ động	Nhiệt độ quá thấp. Gia nhiệt cho dung dịch. Nồng độ xyanua thấp.Thêm NaCN cho đủ như quy định. Giá trị pH không đúng. Chỉnh lại đến pH 11,5. Nồng độ Na_2CO_3 quá cao. Dùng muối bari kết tủa bớt.
Lớp mạ tối, sẫm màu	Mật độ dòng catot lớn. Giảm bớt.
Lớp mạ nhiều lỗ, nhám	Dung dịch nhiều cặn. Lọc dung dịch; bao vải cho anot. Thiếu NaCN. Bổ sung.
Lớp mạ nhiều lỗ, anot và thành bể có bột trắng, bở	Nồng độ Na_2CO_3 lên quá 100 g/l. Dùng dung dịch $BaCl_2$ hay $Ba(OH)_2$ để kết tủa rồi lọc bỏ cặn $BaCO_3$.
Lớp mạ sáng bóng nhưng giòn	Dung dịch lẫn chiều Pb. Dùng Na_2SO_3 hay Na_2S kết tủa. Dung dịch lẫn tạp hữu cơ. Thêm H_2O_2 và than hoạt tính (0,5 g/l), khuấy lâu, rồi lọc sạch.
Lớp mạ bị bong, rộp	Bề mặt vật mạ còn nhiều dầu mỡ, oxit. Cải thiện khâu làm sạch bề mặt trước mạ.
Lớp mạ vàng, sáng; anot bám kết tủa xanh	Dung dịch lẫn kẽm. Anot thụ động sinh ra Cu^{2+}. Thêm 0,5 – 1 g/l Na_2SO_3, bổ sung NaCN.
Không có lớp mạ	Đấu nhầm cực. Kiểm tra và chữa lại. Không tiếp điện. Kiểm tra các chỗ tiếp xúc và chữa lại. Bề mặt bẩn nhiều dầu mỡ, oxit. Cải tiến khâu làm sạch. Xyanua tự do quá nhiều. Thêm CuCN và pha loãng dung dịch đến nồng độ cần thiết.

Luôn luôn chuẩn bị sẵn dung dịch $FeSO_4$ 10 – 12% + vôi tôi 5% để tiêu độc dung dịch mạ vương vãi hoặc dung dịch hỏng bỏ đi, cứ 20 – 25 ml dung dịch này khử được 1 g/l natri xyanua tự do, khuấy trộn chúng với nhau và để vài giờ trước khi thải.

Các hư hỏng thường gặp khi mạ đồng xyanua được kê trong bảng 6.7.

Mạ đồng từ dung dịch phức pyrophotphat

Loại dung dịch này không độc, khả năng phân bố gần bằng dung dịch xyanua, có thể mạ trực tiếp lên sắt thép cho độ gắn bám tương đối tốt, có biện pháp hạn chế phản ứng tiếp xúc đẩy đồng đến mức tối thiểu. Dùng để mạ trong hệ bảo vệ trang sức Cu Ni Cr, mạ tránh thấm than, thấm nitơ... tương đối dày.

Hóa chất ban đầu là $CuSO_4.5H_2O$ và $Na_4P_2O_7$, hay tốt hơn là $K_4P_2O_7$. Hòa tan $CuSO_4$ vào $K_4P_2O_7$ đủ dư sẽ được phức đồng pyrophotphat $K_6[Cu(P_2O_7)_2]$, màu xanh lam sẫm, có hằng số không bền $K = 3.\ 10^{-11} - 3.\ 10^{-13}$, trong đó đồng nằm ở anion phức (nội cầu phức) và có hóa trị +2. Nếu chỉ dư ít $P_2O_7^{4-}$ sẽ sinh phức $K_2[Cu(P_2O_7)]$, có hằng số không bền $K = 2.10^{-9}$, cho lớp mạ không tốt. Vì vậy để mạ được bình thường nên duy trì tỷ lệ P_2O_7/ Cu = 7/1 – 7,5/1.

Bảng 6.8. Dung dịch mạ đồng pyrophotphat

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Các dung dịch mạ đồng pyrophotphat*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$CuSO_4.5H_2O$	30 – 50	60 – 90	70 – 90	70 – 90	90	1 – 2
$K_4P_2O_7$	–	300 – 330	330 – 380	330 – 370	350	–
$Na_2P_2O_7.10H_2O$	120 – 180	–	–	–	–	80 – 120
$Na_2HPO_4.12H_2O$	70 – 100	–	–	–	–	–
Natri sunfoxalisilat	–	25 – 30	–	–	–	–
Axit xitric $H_3C_6H_5O_7$	–	–	15 – 25	–	20	–
Na_2SeO_3	–	–	0,01 – 0,03	0,02	0,02	–
Axit trioxyglutaric	–	–	–	7	–	–
NH_4OH	–	–	–	–	1 – 2	–
pH	7,5 – 8,9	8,2 – 8,9	8,3 – 8,7	8,3 – 8,5	7,8 – 8,5	–
Nhiệt độ, °C	20 – 30	15 – 50	30 – 40	35 – 40	50 – 60	18 – 50
i_c, A/dm^2	0,3 – 0,4	0,5 – 2,0	0,8 – 3,0	0,8 – 3,5	0,8 – 1,7	1 – 3
H, %	75 – 80	–	–	–	–	–
Ứng dụng	Phổ biến	Mạ sáng lên Fe, Zn, Al	Mạ bóng	Mạ bóng lên Fe, Zn	Mạ bóng lên Fe, Zn	Mạ lót, tăng bám lên Fe, Zn

Điều cần chú ý khi vận hành các dung dịch này là phải giữ đúng pH quy định; khi pH > 9 anot dễ bị thụ động, lớp mạ tơi xốp, có vệt nâu; pH < 7 sẽ xảy ra phản ứng tiếp xúc, Cu thoát ra trên vật mạ bằng thép, kẽm khi chưa tiếp điện nên gắn bám kém.

Anot đồng dễ bị thụ động, nhất là khi dùng i_a lớn. Biện pháp tránh thụ động anot là:

– Dùng diện tích anot lớn hơn diện tích catot;

– Dùng nồng độ ion $P_2O_7^{4-}$ đủ dư và pH đủ cao;

– Tăng nhiệt độ dung dịch;

– Dùng chất hoạt hóa anot như NH_4OH, $Na_2HPO_4.12H_2O$, NH_4NO_3, axit xitric (tức limonic) $H_3C_6H_5O_7$, axit tatric $H_2C_4H_4O_6$, axit oxalic $H_2C_2O_4$...

Khuấy và tăng nhiệt độ dung dịch, cho phép dùng dòng điện cao hơn.

Nên lọc liên tục trong khi mạ, nhất là đối với mạ bóng.

Hiệu suất dòng điện anot > catot, nhất là ở i lớn, nên nồng độ đồng không suy giảm mà tăng dần.

Bảng 6.8. giới thiệu một số dung dịch mạ đồng pyrophotphat.

Anot: đồng điện giải hay đồng cán (xem mục 13.1).

Tỷ lệ diện tích các cực S_a/S_c = 2/1 – 3/1.

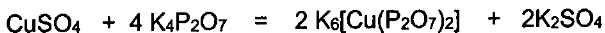
Điều chỉnh pH bằng dung dịch loãng NaOH hay H_3PO_4.

Tốc độ mạ, μm/h, tính theo công thức (5.1) hay tra bảng 6.1 theo dung dịch axit.

Điện thế nguồn một chiều: 6V.

Vật liệu lót bể mạ: ebonit, chất dẻo.

Pha chế dung dịch: Hòa tan riêng $CuSO_4$ và $K_4P_2O_7$ hay $Na_4P_2O_7$ vào nước nóng 60 – 70°C, khuấy cho tan hết. Khuấy đều và đổ từ từ dung dịch đồng vào dung dịch pyrophotphat sẽ xảy ra phản ứng tổng sau, nếu pH gần 8 và $P_2O_7^{4-}$ đủ dư:



$$CuSO_4 + 4\,K_4P_2O_7 = 2\,K_6[Cu(P_2O_7)_2] + 2K_2SO_4$$

Thêm nước đến thể tích đã định, lọc vào bể mạ, chỉnh pH, thêm các phụ gia, mạ thử.

Tạp chất Fe^{2+} và Cu^{+} làm lớp mạ bị nhám. Loại Fe^{2+} bằng cách dùng NaOH để kết tủa chúng rồi lọc bỏ, loại trừ Cu^{+} bằng H_2O_2 để oxy hóa chúng thành Cu^{2+}.

Để đảm bảo độ gắn bám thật tốt lên nền thép, kẽm, hợp kim kẽm, nên áp dụng một trong các giải pháp hỗ trợ sau:

– Mạ lót trong dung dịch số 6 (bảng 6.8) khoảng 0,5 – 3 ph, lấy ra, không cần rửa, mạ tiếp trong một dung dịch đồng pyrophotphat khác.

– Hoặc mạ lót trong dung dịch sau (g/l): Cu^{2+} 10, $P_2O_7^{4-}$ tổng 250, tỷ lệ P_2O_7/Cu = 25, $C_2O_4^{2-}$ 5 – 10, pH 8,5 – 9, nhiệt độ phòng, i_c = 0,5 – 1,0 A/dm², thời gian 0,5 – 1,0 ph, chiều dày lớp mạ 0,05 – 0,2 μm.

– Vật bằng kim loại đen trước khi mạ đồng pyrophotphat cần hoạt hóa anot trong dung dịch gồm H_3PO_4 200 g/l + H_2SO_4 50 g/l + CrO_3 10 g/l, i_a = 10 A/dm² trong 5 ph.

– Vật mạ được nối điện trước rồi mới đưa vào bể mạ và mạ xung ở chế độ: i_c = 5 – 6 A/dm² trong 5 – 10 s đầu tiên. Sau đó giảm i_c đến ngay giá trị bình thường. Cách này chỉ áp dụng cho dung dịch rất sạch (lọc liên tục), nếu không lớp mạ sẽ nhám.

Bảng 6.9 trình bày các hư hỏng thường gặp khi mạ đồng pyrophotphat.

Bảng 6.9. Sự cố thường gặp, nguyên nhân và cách khắc phục

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Anot thoát khí, khó tan	Anot bị thụ động. Tăng diện tích anot; tăng nhiệt độ dung dịch; tăng nồng độ $P_2O_7^{4-}$ tự do trong dung dịch; thêm chất hoạt hóa anot; giảm pH dung dịch.
Lớp mạ lốm đốm, không đồng đều	Dung dịch lẫn chì. Mạ xử lý với i_c bé. Dung dịch lẫn dầu mỡ hoặc xyanua, các cách chữa: – Thêm 2 – 5 g/l than hoạt tính, đun đến 50 – 55 °C khuấy 4 – 8 h. – Thêm 0,1 – 0,2 g/l $KMnO_4$, khuấy, lọc qua than hoạt tính. – Thêm H_2O_2 (30%) 0,5 – 2,0 ml/l, khuấy, lọc qua than hoạt tính.
Lớp mạ bám kém	Bề mặt tẩy rửa chưa sạch. Cải tiến lại. Nồng độ $P_2O_7^{4-}$ tự do giảm. Bổ sung. Nồng độ Cu^{2+} lớn (so với $P_2O_7^{4-}$). Thêm $P_2O_7^{4-}$.
Có đồng thoát ra bằng phản ứng tiếp xúc	pH dung dịch thấp. Kiểm tra và chỉnh lại. Nồng độ $P_2O_7^{4-}$ tự do giảm. Bổ sung. Nồng độ Cu^{2+} lớn (so với $P_2O_7^{4-}$). Thêm $P_2O_7^{4-}$.
Lớp mạ nhám, xấu	Dung dịch bị vẩn đục. Lọc lại dung dịch. pH dung dịch quá lớn. Kiểm tra và chỉnh lại.

Mạ đồng từ dung dịch etylendiamin

Dung dịch này dùng để mạ đồng trực tiếp lên sắt thép. Công thức cấu tạo của etylendiamin là $NH_2 - CH_2 - CH_2 - NH_2$, viết tắt En. Trong dung dịch pH ~ 10 đồng tạo với En thành phức $Cu(En)_2^{2+}$, có hằng số không bền $K = 7,14.\ 10^{-21}$ nên điện thế của đồng dịch về phía âm khá nhiều và có độ phân cực lớn ngay từ lúc mật độ dòng điện thấp. Dung dịch En cho lớp mạ tinh thể nhỏ mịn, khả năng phân bố tốt (gần bằng dung dịch xyanua).

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ đồng từ dung dịch En như sau:

$CuSO_4.5H_2O$	110 – 125
En (70%)	60 – 70
$Na_2SO_4.10H_2O$	50 – 60
$(NH_4)_2SO_4$	50 – 60
pH	6,8 – 8,4
Nhiệt độ	22 – 40 °C
Mật độ dòng catot	0,7 – 2,0 A/dm^2
Mật độ dòng anot	0,3 – 1,0 A/dm^2

Lúc cho vật mạ vào và lấy ra khỏi bể cần giảm nhỏ mật độ dòng điện. Trong 40 – 60 s đầu tiên nên dùng dòng xung lớn gấp ba lần dòng điện làm việc bình thường.

Pha chế dung dịch như sau: Etylendiamin 70% pha loãng từ từ (để tránh nóng đột ngột) bằng nước cất đến tỷ lệ 1 : 1, rót từng tý một dung dịch này vào dung dịch $CuSO_4$ nguội và khuấy đều sẽ được dung dịch màu xanh tím, đun nóng đến 55 – 60 °C. Sau 30 ph cho thêm natri sunfat và amon sunfat vào, thêm nước đến thể tích đã định, mạ xử lý với i_c = 0,5 – 0,7 A/dm² trong 8 – 10 h.

Mạ đồng từ dung dịch polyetylenpolyamin

Đồng tạo phức rất bền với polyetylenpolyamin nên điện thế của đồng dịch về phía âm rất nhiều; được dùng thay thế cho dung dịch xyanua.

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ như sau:

Thành phần	*Mạ vật phức tạp*	*Mạ vật đơn giản*
$CuSO_4.5H_2O$	100	100
$(NH_4)_2SO_4$	200	200
Polyetylenpolyamin	100	20
pH	8,2 – 9,0	8,2 – 9,0
Nhiệt độ, °C	18 – 25	18 – 25
Mật độ dòng catot, A/dm²	0,5 – 1,2	2,5 – 3,2

Amon sunfat làm tăng chất lượng lớp mạ

Mạ đồng từ dung dịch amoni

Cho $CuSO_4$ tác dụng với amoniac được phức đồng dạng $Cu(NH_3)_n(OH)_x$ dễ tan. Khi dung dịch có pH ≥ 8,5, chủ yếu đồng hóa trị (II) tồn tại ở dạng phức $Cu(NH_3)_4^{2+}$, có hằng số không bền $K = 2,14.10^{-13}$.

Hiệu suất dòng điện đi qua điểm cực đại khi tăng dần mật độ dòng điện catot.

NH_4NO_3 làm giảm hiệu suất dòng điện nhưng cho lớp mạ dày đều hơn và cho phép dùng i_a cao hơn.

Lớp mạ bán bóng, mịn chắc, dày đều thu được từ dung dịch sau:

$CuSO_4.5H_2O$	90 g/l
NH_4NO_3	40 – 60 g/l
$(NH_4)_2SO_4$	80 g/l
NH_4OH (25%)	180 ml/l
pH	8,5 – 9,0
Nhiệt độ	18 – 25 °C
Mật độ dòng catot	1,5 – 10 A/dm²
Mật độ dòng anot	5 A/dm²

Pha chế dung dịch: hòa tan đồng sunfat, thêm NH_4OH đến pH 8,5 – 9,0. Thêm các chất còn lại.

Độ gắn bám của lớp đồng trên thép không cao lắm. Để tăng độ gắn bám cần mạ lót đồng từ dung dịch đồng nitrat (xem 6.1.2) hoặc hoạt hóa catot nền thép trong dung dịch kền sunfat hay clorua đã axit hóa.

6.1.4. Các quá trình mạ đồng đặc biệt

Mạ đúc

Dùng để chế tạo khuôn đúc; chế tạo các chi tiết có bề mặt phức tạp, tinh vi; sao chép phù điêu, tượng nghệ thuật... Ví dụ chế tạo các ống có tiết diện thay đổi; khuôn đĩa nhạc; mạch in; lưới hay lá kim loại rất mỏng...

Quy trình mạ đúc thường gồm bốn bước chính: 1 – Chế tạo mẫu gốc; 2 – Gia công mẫu, như tạo lớp dẫn điện trên mặt mẫu phi kim hay tạo lớp dễ tách sản phẩm khỏi mẫu kim loại; 3 – Mạ đắp dày thành bản sao kim loại (thường mạ đồng trước, sau đó đắp tiếp kền hay sắt thành đế dày); 4 – Tách bản sao khỏi mẫu gốc và hoàn chỉnh bằng cơ hay hóa học.

Vật liệu để chế tạo mẫu gốc tùy từng trường hợp mà chọn, có thể là:

Kim loại trong trường hợp cần tạo nhiều bản sao trên cùng một mẫu gốc;

Hợp kim dễ nóng chảy trong trường hợp chế khuôn đúc tượng từ mẫu tượng gốc ban đầu. Hợp kim gồm 35% bismut, 35% chì, 30% thiếc, nhiệt độ nóng chảy 140 °C;

Vật liệu phi kim như thạch cao, hỗn hợp sáp và parafin, stearin và chất dẻo dễ nóng chảy. Có thể dùng hỗn hợp gồm 25 g sáp ong + 50 g parafin + 45 g serezin + 18 g grafit + 4 g nhựa thông, đun nhỏ lửa để hỗn hợp chảy lỏng thật chậm sẽ tránh được bọt khí.

Gia công mẫu gốc trước khi mạ đắp dày tiến hành như sau:

– Mẫu gốc bằng kim loại cần chà đều, kỹ một lớp grafit hay mỡ máy rồi mới mạ đắp lên để dễ tách sản phẩm mạ khỏi mẫu gốc.

– Mẫu gốc bằng sáp, thạch cao hay vật liệu phi kim cần phải tạo lớp dẫn điện bề mặt bằng cách xoa kỹ, đều một lớp grafit bằng bút lông hay bông đến bóng nhẫy, hoặc mạ hóa học một lớp kim loại.

– Mẫu gốc bằng thủy tinh, gốm sứ cần phải bôi một lớp kem kim loại hay phủ một lớp kim loại bằng cách phun hoặc bốc bay chân không hay mạ hóa học để tạo lớp dẫn điện bề mặt.

Thường dùng mạ bạc hóa học cho bề mặt thủy tinh, gốm sứ. Tiến hành như sau: tẩy sạch dầu mỡ bề mặt, nhúng 2 – 3 s vào dung dịch $SnCl_2.2H_2O$ 2 – 3 g/l, rửa nước, nhúng vào dung dịch mạ bạc mới pha sẽ được lớp bạc rất mỏng. Rửa và nhúng một vài giây trong dung dịch gồm 1 lít dung dịch mạ đồng axit + 1 lít rượu etylic để bề mặt thấm ướt đều.

Mạ đồng tạo lớp dẫn điện ban đầu trong dung dịch gồm:

$CuSO_4.5H_2O$	140 – 160 g/l
H_2SO_4	12 – 15 g/l
Rượu C_2H_5OH	30 – 50 g/l
Nhiệt độ	15 – 25 °C
Mật độ dòng catot	> 5 A/dm^2
Thời gian	0,5 – 2 h

Mắc điện trước rồi mới nhúng vào bể mạ, lắc nhẹ cho bọt khí không còn đọng lại trong các chỗ khe, lõm, lỗ... Khi đắp dày được 5 – 15 µm, vớt ra, chuyển sang bể mạ đồng axit thông thường để đắp tiếp với tốc độ nhanh hơn cho đến khi đạt chiều dày mong muốn nhưng phải trên 1 – 2 mm.

axit thông thường để đắp tiếp với tốc độ nhanh hơn cho đến khi đạt chiều dày mong muốn nhưng phải trên 1 – 2 mm.

Tách bản sao ra khỏi mẫu gốc tiến hành bằng nhiều cách khác nhau:

– Cưa, tiện đến khi lộ lớp chống bám dính rồi cạy ra;

– Bản sao trên gốm sứ được tách ra bằng cách nhúng vào nước nóng, chúng sẽ tự tách ra do hệ số giãn nở khác nhau;

– Mẫu gốc bằng sáp, hỗn hợp dễ chảy, chỉ cần ngâm vào nước nóng để mẫu chảy lỏng ra;

– Mẫu gốc bằng nhôm hòa tan trong NaOH 15 – 20% ở 70 – 80 °C.

Sản phẩm đúc điện thu được gọt bỏ ba via, hoàn thiện bằng cách mạ kền, mạ bạc, oxy hóa, hoặc các lớp phủ theo yêu cầu. Có thể dùng nhôm nóng chảy đổ lên mặt trái của sản phẩm đúc điện nếu muốn được dày hơn.

Trong khi mạ đắp đồng có thể dùng thêm điện trở ngoài mắc vào mạch nhánh anot hay mạch nhánh catot để khống chế mật độ dòng điện cục bộ trên anot và trên các phần của catot nhằm thu được chiều dày đồng đều theo ý muốn. Cũng có thể dùng anot phụ hay catot phụ, dùng vật cách điện che chắn... để thu được chiều dày như ý.

Mạ đồng chống thấm than cục bộ cho vật bằng thép

Một số chi tiết máy đặc biệt bằng thép cần thấm cacbon cục bộ để có những tính năng cần thiết, những chỗ còn lại không cần thấm cacbon để giữ nguyên tính năng ban đầu của vật liệu, muốn tránh thấm than cho những phần này phải mạ đồng.

Yêu cầu lớp mạ đồng dùng để chống thấm than phải:

– *Gắn bám tốt* để chịu được quá trình thấm than ở 900 °C trong nhiều giờ mà không bị bong, rộp.

– *Kín, sít, không có lỗ xốp* để ngăn cản hoàn toàn cacbon hoạt tính không thâm nhập được vào nền thép.

– *Chiều dày lớp mạ không bé hơn 10 – 15 μm* để chịu được sự phá hủy của tạp chất, như oxy, hydro và đặc biệt là lưu huỳnh, lẫn trong nguyên liệu thấm than.

Quy trình công nghệ mạ đồng chống thấm than cục bộ đại để như sau:

– Lắp vật mạ lên khung treo; khung treo cần che chắn bằng sứ, polyetylen, viniplas... không cho bám mạ vào những chỗ không cần thiết .

– Cách điện phần không cần mạ đồng của vật mạ. Có thể dùng hỗn hợp sau làm vật liệu cách điện: parafin 70% + sáp ong 10% + nhựa thông 10% + dầu than đá 10%. Đun hỗn hợp này lên 90 – 100 °C rồi nhúng hoặc phết lên chỗ cần cách điện của vật mạ.

– Tẩy dầu mỡ điện hóa ở nhiệt độ phòng trong các dung dịch tẩy thông thường.

– Rửa trong nước lạnh chảy.

– Hoạt hóa trong dung dịch 10% gồm hỗn hợp H_2SO_4 và HCl ở nhiệt độ phòng, 2 – 3 ph.

– Rửa trong nước lạnh chảy.

– Mạ đồng, tiến hành theo một trong ba cách sau:

+ Mạ đồng trong dung dịch xyanua;

+ Mạ lót đồng xyanua 2 – 3 μm rồi chuyển sang mạ nhanh đồng axit với i_c lớn;

+ Mạ lót kền 3 – 5 μm rồi chuyển sang mạ nhanh đồng trong dung dịch axit có i_c lớn.

– Rửa trong dòng nước lạnh. Kiểm tra độ xốp lớp mạ đồng, nếu số lỗ xốp lớn hơn 3 – 5 lỗ/cm^2 thì phải mạ tiếp cho đến khi đạt độ xốp yêu cầu.

– Bóc lớp cách điện bằng cách nhúng vào nước nóng. Thu hồi chất cách điện để dùng lại sau khi đã làm khô hết nước.

– Kiểm tra lớp mạ về chiều dày, độ gắn bám. Nung nóng vật đã mạ đến 200 – 300 °C trong một giờ nếu lớp mạ không bị phồng, rộp là đạt yêu cầu.

Mạ đồng lên một mặt bằng cách lưỡng cực hóa vật mạ

Để mạ lên một mặt của tấm, ống, hộp..., nguyên tắc là đặt vật cần mạ (đã tẩy rửa cẩn thận) vào dung dịch mạ giữa anot và catot, không nối điện; khi cho dòng điện thông qua hai cực anot và catot, vật cần mạ sẽ tự cảm ứng biến thành lưỡng cực: bề mặt hướng về anot sẽ cảm ứng tích điện âm và được mạ đồng lên, bề mặt hướng về catot sẽ cảm ứng tích điện dương nên không được mạ. Anot và catot chính vẫn làm việc bình thường nhưng điện thế bể cần cao hơn. Dung dịch mạ đồng phải là xyanua, pyrophotphat hay dung dịch nào không có khả năng sinh phản ứng tiếp xúc thoát đồng. Anot và catot có thể là các tấm đồng đặt song song cách đều vật mạ hình tấm phẳng. Nếu mạ lên một mặt ống tròn thì điện cực trong, đặt dọc theo trục ống, phải là ống đồng hay dây đồng có tiết diện tròn, điện cực bên ngoài là các tấm đồng uốn cong vây quanh và cách đều vật mạ. Đổi chiều dòng điện trên hai điện cực sẽ được lớp mạ bám ở mặt ngoài hay mặt trong của ống. Chiều sâu các điện cực phải bằng chiều sâu vật mạ. Thay đổi khoảng các giữa anot, vật mạ và catot sẽ thay đổi biên giới lớp mạ. Khi nồng độ đồng trong dung dịch quá lớn, có thể giảm bớt bằng cách thay điện cực đồng bằng điện cực thép không tan.

Mạ đồng nội điện phân

Vật mạ bằng thép sau khi tẩy rửa bề mặt sạch sẽ, nối với một dây hay tấm nhôm (loại nhôm nguyên chất kỹ thuật) hoặc đặt trong giỏ nhôm, nhúng tất cả vào dung dịch mạ đồng có thành phần (g/l) sau:

$Na[Cu(CN)_2]$	40 – 50
NaCN tự do	10 – 20
NaOH	10 – 20
Nhiệt độ dung dịch	15 – 25 °C

Do chênh lệch điện thế giữa thép (dương) và nhôm (âm) trong môi trường kiềm loãng nên nhôm tan ra và đồng bám lên thép thành lớp mạ kín, chắc, đồng đều, màu hồng tươi, gắn bám tốt. Các vật nhỏ, mảnh mạ trong giỏ nhôm thỉnh thoảng phải xóc để lớp mạ không bị lỏi tại các điểm chạm nhau. Các vật có hình dạng phức tạp thì dây nhôm phải được chạm vào các điểm khó mạ nhất của vật mạ. Mạ mặt trong của ống thép phải luồn dây nhôm vào lòng ống và cho chúng chạm nhau ở nhiều điểm...

Tốc độ mạ tăng theo nhiệt độ và nồng độ NaOH. Ở 30 – 35 °C và nồng độ NaOH 10 – 15 g/l, tốc độ mạ đồng khoảng 3 μm/h. Khi chiều dày đạt 4 – 5 μm, lớp mạ không còn lỗ hở. Tốc độ mạ giảm dần theo thời gian mạ vì lớp đồng tơi xốp bám trên nhôm thành vỏ bọc

làm giảm tốc độ phản ứng giữa nhôm với NaOH. Tẩy bỏ lớp đồng xốp trên nhôm bằng cách sau mỗi lần mạ, nhúng chúng vào dung dịch HNO_3 trong vài ba giây.

Để tăng tốc độ quá trình và tăng thêm chiều dày lớp đồng, sau khi mạ nội điện phân như trên trong 0,5 – 1 h, chuyển sang mạ điện tiếp trong một dung dịch mạ đồng thông thường nào đó cho đến khi đạt chiều dày mong muốn.

Mạ chế tạo lưới đồng

Để chế tạo ra lưới đồng có mật độ lỗ đến 500 lỗ/mm^2 và độ trong suốt đến 60 – 75% dùng công nghệ sau: phủ một lớp crom lên thủy tinh bằng phương pháp bốc bay trong chân không; phủ lớp nhạy quang lên bề mặt crom; đặt mẫu lưới hoặc film của mẫu lưới lên lớp nhạy quang và rọi sáng; xử lý quang hóa sẽ được khuôn lưới dương bản bằng crom bám trên thủy tinh; tẩy dầu mỡ và mạ đồng lên khuôn lưới trong một dung dịch mạ đồng nào đó đến chiều dày mong muốn; tách lưới sản phẩm khỏi khuôn lưới; tẩy khuôn lưới trong HNO_3 1 : 1, rửa sạch và mạ đồng để chế tạo lưới thứ hai... Mỗi khuôn lưới có thể mạ để sản xuất ra 200 lưới sản phẩm.

Mạ vá đồng cho các vật lớn

Chủ yếu dùng để sửa chữa các điểm sai hỏng rất lớn trên vật mạ, không tiện mạ lại toàn bộ. Cách làm: mài, đánh bóng điểm hay vùng hư hỏng đến khi lộ kim loại nền và biên giới lớp mạ không có chỗ nào phồng, rộp; đặt vật mạ lên trên bể mạ đồng hay trên bàn và nối điện thành catot; nếu dùng dung dịch mạ đồng axit để mạ lên thép thì trước tiên vẫn phải mạ lót kền theo cách thức này; anot đơn giản nhất là dùng thanh đồng mài nhẵn đầu rồi quấn bông hay mút ở đầu để tẩm dung dịch mạ bôi lên chỗ cần mạ. Nếu diện tích vùng cần mạ lớn, phải dùng dụng cụ đặc biệt giống như chổi sơn, lông chổi bằng cao su hay chất dẻo được bó chặt bằng dải chì và nối điện thành anot, giữa hay cạnh bó lông đặt một ống chất dẻo để dẫn dung dịch mạ vào chổi; cần quét cho dung dịch thay đổi tương đối nhanh trên phần diện tích cần mạ để dùng được dòng điện lớn và mạ được nhanh hơn. Bề mặt trước khi mạ phải được tẩy dầu mỡ bằng vôi xút, rửa, hoạt hoá.

Mạ đồng tiếp xúc

Mạ đồng tiếp xúc để tạo nên lớp mạ đồng mỏng, dùng để bôi trơn cho thép trước khi chuốt dây hay trước khi rèn dập... Mạ tiếp xúc bằng cách nhúng thép vào dung dịch gồm:

$CuSO_4.5H_2O$	5 – 15 g/l
H_2SO_4	5 – 15 g/l
Nhiệt độ	phòng
Thời gian	5 – 10 s

Mạ xong, rửa, lau khô bằng vải.

Có thể mạ đồng tiếp xúc bằng cách bôi dung dịch sau lên thép:

$CuSO_4.5H_2O$	12 g/l
H_2SO_4 hay HCl	7 g/l
$SnCl_2$	1 g/l
Nhiệt độ	phòng
Thời gian	5 – 10 s

Trước khi mạ vẫn phải tẩy rửa bề mặt cẩn thận.

Mạ đồng tiếp xúc cho các kim loại khó nóng chảy (tantan, vonfram...) như sau: tẩy dầu mỡ; tẩy trong dung dịch gồm 100 – 150 g/l HNO_3 + 30 – 40 g/l HF trong 20 – 30 s; mạ đồng tiếp xúc trong dung dịch gồm (g/l):

HF (40%)	400 – 500
$CuSO_4.5H_2O$	60 – 80
$FeSO_4.7H_2O$	30 – 50
NaCl	30 – 50
KI	1 – 2
Nhiệt độ	40 – 60 °C
Thời gian	5 – 15 ph

Mạ đồng hóa học

Phương pháp mạ đồng hóa học kinh điển là dùng fomalin khử đồng ở dạng phức với glyxerin thành lớp mạ đồng mỏng dưới 1 μm phủ trên vật bằng phi kim như gốm, sứ, thủy tinh, chất dẻo... Sau đó thường mạ điện thêm từ dung dịch sunfat cho đến khi đạt chiều dày mong muốn.

Trước khi mạ hóa học, vật liệu phi kim phải được phun cát hay đánh giấy nhám... để làm sạch và đạt độ nhám cần thiết nhằm tăng độ gắn bám. Rửa sạch và nhúng vào dung dịch bạc nitrat loãng để hoạt hóa bề mặt, sấy khô rồi nhúng vào dung dịch mạ sau:

$CuSO_4.5H_2O$	20 g/l
Glyxerin $C_3H_5(OH)_3$ 94%	35 g/l
NaOH	26 g/l

(trong đó có sẽ có 20 g/l NaOH tự do)

Cách pha chế: hòa tan riêng đồng sunfat, rót glyxerin vào, khuấy đều, rót từ từ dung dịch NaOH 10% vào, khuấy mạnh, dung dịch sẽ chuyển thành màu xanh sẫm của phức đồng glyxerin.

Ngay lúc tiến hành mạ hóa học, phải thêm vào dung dịch trên khoảng 5 – 8 ml/l fomalin (40%) để khử phức đồng thành đồng kim loại. Vật cần mạ phải tẩy sạch dầu mỡ, rửa sạch rồi treo vào bể mạ 50 – 60 ph ở nhiệt độ phòng, khuấy nhẹ. Khi thôi mạ, muốn ngừng phản ứng khử đồng trong bể thì nhỏ từ từ dung dịch amoniac 25% vào và khuấy nhẹ cho đến khi đạt 8 – 10 ml/l. Khi mạ liên tục, cứ mỗi giờ phải bổ sung fomalin một lần, 2 – 3 giờ phải bổ sung đồng sunfat và xút một lần theo số liệu phân tích.

6.1.5. Mạ đồng cho kim loại màu

Mạ đồng lên nhôm và hợp kim nhôm

Mạ đồng từ dung dịch phi xyanua lên hợp kim nhôm:

Tẩy vật bằng hợp kim nhôm trong NaOH 10 – 15% ở 60 – 70 °C trong 1 – 2 ph; vật cần kích thước chính xác hay hợp kim đúc cao silic chỉ tẩy 10 –15 s; rửa; tẩy sáng trong HNO_3 10 – 15%.

Tẩy hợp kim silumin trong kiềm thường xuất hiện các chấm đen của silic, cần loại bỏ chúng bằng cách nhúng vào HNO_3 đặc + 2 – 3% thể tích HF hay KF.HF (loại 40%). Rửa sạch bằng nước lạnh.

Oxy hóa trong H_3PO_4 250 – 300 g/l ở 15 – 25 °C với mật độ dòng anot i_a = 2 – 4 A/dm^2 trong 10 ph.

Rửa sạch; mạ đồng trong dung dịch sunfat hay floborat thông thường.

Mạ đồng từ dung dịch xyanua lên nhôm và hợp kim nhôm:

Sau khi tẩy rửa, oxy hóa trong H_3PO_4 phải gia công hai lần trong dung dịch zincat gồm (g/l):

Zn^{2+} (tính ra kim loại)	25 – 30
NaOH	120 – 140
Nhiệt độ	phòng
Thời gian	30 – 40 s
Lắc, xóc	nhẹ nhàng, liên tục

Lớp kẽm phải ánh xanh, đều, nếu không phải làm lại.

Rửa trong dòng nước lạnh.

Tẩy nhẹ lớp kẽm bằng HNO_3 10 – 20% trong 10 – 20 s; rửa nước lạnh.

Nhúng lần hai vào dung dịch zincat trên trong 8 – 10 s, lắc đều.

Rửa, nối điện, treo vào bể mạ đồng xyanua thông thường.

Sau mạ đồng có thể mạ tiếp Ni, Cr, Ag… tùy yêu cầu.

Lớp mạ đồng hỏng có thể tẩy bỏ trong HNO_3 hay tẩy anot trong dung dịch mạ crom.

Mạ đồng lên magie và hợp kim magie

Tẩy dầu mỡ trong dung môi hữu cơ; lắp lên khung treo.

Tẩy dầu mỡ hóa học trong dung dịch kiềm yếu (bảng 3.1, dung dịch 4) hoặc tẩy dầu mỡ điện hóa trong dung dịch gồm NaOH 15 g/l + Na_2CO_3 20 – 25 g/l; rửa.

Hoạt hóa trong dung dịch nào là tùy ở chủng loại hợp kim, như:

– Hợp kim biến dạng loại MA1 – MA8 dùng dung dịch gồm (g/l):

CrO_3	180
$NaNO_3$	30
CaF_2	25
Nhiệt độ	15 – 25 °C
Thời gian	dưới 2 ph

– Hợp kim đúc dùng dung dịch gồm (g/l):

H_3PO_4	60 – 70%
Nhiệt độ	15 – 25 °C
Thời gian	dưới 2 ph

Rửa và hoạt hóa lần thứ hai trong dung dịch gồm (g/l):

H_3PO_4	250
KF. HF	100
Nhiệt độ	15 – 25 °C
Thời gian	dưới 2 ph

Rửa nhanh dưới vòi nước chảy mạnh.

Mạ kẽm tiếp xúc từ dung dịch gồm (g/l):

$ZnSO_4.7H_2O$	40 – 45
$Na_4P_2O_7.10H_2O$	180 – 200
KF. $2H_2O$	8 – 10
K_2CO_3 đến pH	10 – 10,5
Nhiệt độ	70 – 80 °C
Thời gian	2 – 4 ph

Lắc, xóc nhẹ để bọt khí hydro thoát ra. Chiều dày lớp mạ cỡ 1 μm.

Rửa, nối điện, đưa vào bể mạ đồng có thành phần (g/l) sau:

CuCN	40 – 45
NaCN tổng	50 – 55
Trong đó NaCN tự do	5 – 7
$NaKC_4H_4O_6$	45 – 50
Na_2CO_3	25 – 30
NaOH	6 – 8
Nhiệt độ	65 – 70 °C

20 – 30 s đầu tiên dùng i_c = 3 – 5A/dm², sau đó giảm xuống 1,5 – 2 A/dm² và mạ cho đến khi đạt 20 – 25 μm, khi mạ thỉnh thoảng rung hay lắc vật mạ để khí không bám lâu trên mặt vật mạ.

Mạ tiếp Ni, Cr hay kim loại nào khác tùy yêu cầu.

Lớp mạ đồng trên hợp kim magie bị hỏng được loại bỏ bằng cách nhúng vào dung dịch gồm NaOH 80 g/l + bột lưu huỳnh 120 g/l, đun đến 70 – 90 °C. Sau đó rửa sạch, hoạt hóa trong KCN 100 g/l rồi mạ đồng lại.

Mạ đồng lên kẽm và hợp kim kẽm

Vật bằng hợp kim kẽm đúc mắc lên khung treo rồi tẩy dầu mỡ hóa học trong dung dịch kiềm yếu sau (g/l):

$Na_3PO_4.12H_2O$	50 – 60
Na_2CO_3	25 – 30
Xà phòng kali	3 – 5
Nhiệt độ	60 – 70 °C
Thời gian	3 – 5 ph

Rửa nước nóng chảy. Thụ động anot trong dung dịch natri pyrophotphat $Na_4P_2O_7 .10H_2O$ 50 – 70 g/l từ 1 đến 2 ph ở nhiệt độ 35 – 40 °C với i_a = 0,6 – 1 A/dm^2. Catot là tấm kền.

Rửa nước lạnh chảy; mạ đồng trong dung dịch xyanua thông thường. Có thể mạ tiếp Ni, Cr...

Mạ đồng lên hợp kim titan

Tẩy dầu mỡ trong dung môi hữu cơ hay trong nước vôi; rửa.

Tẩy lần 1 trong dung dịch (ml/l):

HNO_3 (1,4)	200
HF (40%)	20
Nhiệt độ	15 – 25 °C
Thời gian	3 – 5 ph

Rửa; tẩy lần 2 trong dung dịch gồm:

Etylenglycol $HOCH_2CH_2OH$	800 ml
HCl (1,19)	200 ml
ZnF_2	100 g
Nhiệt độ	15 – 25 °C
Thời gian	1 – 2 ph

Tẩy xong phải có màng đen đều trên mặt. Rửa nước lạnh chảy.

Mạ đồng xyanua trong dung dịch có 7,8 – 8,2 g/l natri xyanua tự do.

– Muốn có lớp mạ dày phải làm như sau: mạ đồng xyanua được vài ba micron phải đem ủ vật mạ ở 450 – 500 °C trong 10 – 20 ph dưới chân không 10^{-4} mm Hg; hoạt hóa và mạ tiếp đến chiều dày mong muốn.

– Muốn có lớp mạ mỏng, không quá 10 – 15 μm làm như sau: tẩy trong dung dịch gồm: 10 ml HF (40%) + 15 ml H_2SO_4 (1,84) + 90 ml nước, tẩy ở nhiệt độ phòng trong 30 – 60 s. Rửa nhanh trong nước chảy mạnh, nối điện và mạ đồng trong một dung dịch pyrophotphat. Để tăng thêm độ gắn bám nên ủ trong chân không như nói trên.

– Mạ đồng cho hợp kim titan để sau đó hàn chì – thiếc hay bạc lên, cần phải làm như sau: tẩy dầu mỡ; rửa; tẩy 10 – 15 ph trong hỗn hợp gồm 120 – 150 g/l HCl + 40 – 50 g/l NaF tại nhiệt độ phòng; rửa nước lạnh chảy; tẩy sáng trong dung dịch gồm 70 – 80 g/l HNO_3 + 80 – 90 g/l NaF đun đến 60 – 70 °C, tẩy 10 – 15 s; rửa; ngâm trong HCl (1,19) 2 – 3 h ở nhiệt độ phòng để tạo thành màng hydrua trên mặt; rửa; sấy; mạ đồng xyanua dày 10 – 15 μm; rửa; sấy khô. Kiểm tra bằng cách nung 2 – 3 h ở 200 – 250 °C trong không khí hay 1 h ở 400 – 500 °C trong lò chân không, lớp mạ phải không bị phồng, rộp mới được dùng để hàn.

– Mạ đồng cho titan và hợp kim titan, tiếp sau đó có hàn lên, còn dùng công nghệ khác như sau: gia công cơ; tẩy trong dung dịch gồm 5% thể tích HF + 35% thể tích H_2SO_4 + 60% nước ở 70 °C trong 20 – 30 ph; không rửa chuyển thẳng sang bể mạ đồng có thành phần (g/l) và chế độ mạ như sau:

$CuSO_4.5H_2O$	250
H_2SO_4 (1,84)	50
HF (40%)	50
Nhiệt độ	15 – 25 °C
Mật độ dòng catot	1 – 2 A/dm^2
Thời gian	2 – 3 ph

Bề mặt sẽ bám một lớp đồng mỏng, rửa kỹ trong nước chảy; mạ đồng tiếp trong dung dịch sunfat thông thường đến 15 μm. Kiểm tra lớp mạ bằng cách nung nóng như đã nói trên.

– Mạ đồng tiếp xúc cho titan, ziriconi và hợp kim của chúng như sau: hoạt hóa trong HNO_3 8 – 12% + HF 2 – 4%; mạ tiếp xúc trong dung dịch gồm (g/l):

$CuSO_4.5H_2O$	50 – 100
CH_3COOH (băng)	50 – 100
NH_4F. HF	4 – 5
NaOH	100 – 200
$(NH_4)_2SO_4$	50 – 70
Nhiệt độ	30 – 40°C
pH	4,8 – 5,2
Thời gian	15 – 20 ph

Có thể thay đồng sunfat bằng đồng floborat trong một số trường hợp.

Mạ đồng lên vật liệu phi kim

Mạ đồng lên grafit: Đánh giấy nhám mịn; lau sạch bằng khăn tẩm cồn; hoạt hóa trong dung dịch $SnCl_2$ 2 – 3% khoảng vài ba giây; sấy khô; nối điện và đưa vào bể mạ đồng sunfat thông thường; rửa; sấy khô; nung nóng đến 200 – 250 °C để khử ứng suất nội.

Mạ đồng lên nhựa floplas: phun cát; cọ sạch bằng vải mềm tẩm cồn; đặt vào lò kín nung đến 350 – 400 °C trong 15 – 20 ph, lò có đặt một chén đựng $SnCl_2$, nó sẽ bay hơi và bám lên mặt nhựa một lớp mỏng; mạ bạc hóa học 1 ph trong dung dịch amoniac – đường; mạ tiếp đồng hóa học 10 ph trong dung dịch đã nói ở mục 6.1.4; mạ điện đồng trong dung dịch sunfat thông thường đến chiều dày 20 – 30 μm.

Mạ đồng lên lớp bạc trong sản xuất gương soi: nhằm tăng bền cơ học và tiết kiệm bạc. Tráng bạc xong, rửa, mạ đồng tiếp trong dung dịch sau (g/l):

$CuSO_4.5H_2O$	200
H_2SO_4	2 – 5
Muối tatrat $KNaC_4H_4O_6$	1
Nhiệt độ	phòng
Mật độ dòng catot	1 – 2 A/dm^2
Chiều dày lớp đồng	0,5 – 1 μm

Rửa, sấy, sơn. Bằng cách này tiết kiệm được 50% lượng bạc.

6.1.6. Cromat hóa lớp mạ đồng

Trường hợp sản phẩm cần lớp mạ đồng nằm ở mặt ngoài cùng thì phải bảo vệ tạm thời, chống xỉn màu bằng cách cromat hóa nó trong dung dịch:

$K_2Cr_2O_7$ hay CrO_3	100 g/l
H_2SO_4	15 – 20 g/l
Nhiệt độ	phòng
Thời gian	10 – 15 s

Khi cromat hóa phải xóc nhẹ hay lắc sản phẩm, sau đó nhanh chóng rửa trong bể nhiều nước (hai lần) rồi sấy khô.

Trường hợp cần bảo vệ lâu dài phải oxy hoá, nhuộm màu... cho lớp mạ đồng (xem mục 10.2.3).

6.1.7. Bóc lớp mạ đồng hỏng

Hòa tan hóa học trong dung dịch CrO_3 450 g/l + H_2SO_4 50 g/l.

Hoặc trong dung dịch Udystrip 402 60g/l + NaCN 120 – 180 g/l, pH 11,5 – 12 ở nhiệt độ phòng.

Hòa tan điện hóa lớp đồng hỏng trong dung dịch sau sẽ nhanh hơn: CrO_3 200 – 300 g/l, $(NH_4)_2SO_4$ 50 – 100 g/l, nhiệt độ phòng, mật độ dòng anot 8 – 10 A/dm^2, catot chì. Dung dịch không tác dụng với nền sắt. Có thể hòa tan hóa học lớp mạ đồng trong dung dịch này nhưng tốc độ sẽ chậm.

6.2. MẠ KỀN

Kền, ký hiệu Ni, màu trắng bạc, dẻo, có từ tính. Trọng lượng riêng γ = 8,9 g/cm^2. Trọng lượng nguyên tử 58,70. Nhiệt độ nóng chảy 1452 °C. Điện trở riêng 0,07.10^{-6} Ωm. Khả năng phản quang khá lớn: 58 – 62% và lâu bị mờ đi, trừ khi tiếp xúc với khí có chứa lưu huỳnh (H_2S, SO_2...). Kền có hóa trị +2, đương lượng hóa học 29,35, đương lượng điện hóa 1,095 g/Ah.

Ni bền trong nước, trong HNO_3 đặc, trong dung dịch kiềm và trong kiềm nóng chảy, trong quyển nitơ đến 1400 °C, trong nhiều axit hữu cơ.

Ni tác dụng chậm với H_2SO_4 và HCl loãng, với nước biển tù.

Ni tác dụng mạnh với HNO_3 loãng, với cường toan.

Điện thế tiêu chuẩn của Ni là –0,25 V, dương hơn sắt (–0,44 V), nên lớp mạ kền phải kín mới bảo vệ được sắt thép. Nhưng lớp mạ kền luôn có độ xốp lớn, nhất là mạ kền bóng, muốn kín phải mạ kền dày 20 – 30 μm, hoặc mạ lót đồng 50% chiều dày để tiết kiệm Ni.

Lớp mạ Ni cứng và giòn hơn Ni đúc; độ cứng lớp mạ Ni mờ là 2500 – 4000 MPa (255 – 408 kg/mm^2), lớp mạ Ni bóng là 4500 – 5000 MPa (459 – 510 kg/mm^2). Lớp mạ Ni có thể làm việc đến 650 °C, nhưng nung đến 900 °C sẽ mềm và dẻo như Ni đúc.

Lớp mạ Ni mờ, dày dùng để bảo vệ thiết bị hóa chất trong kiềm, bảo vệ dụng cụ y tế, tăng độ chịu mài mòn của một số chi tiết máy... Lớp mạ Ni nhiều lớp mờ, bán bóng, bóng, compozit... dùng trong trang sức bảo vệ cho dụng cụ gia đình, cho ô tô, xe máy, xe đạp... Chiều dày quy định cho lớp mạ Ni được kê trong các bảng 4.2, 4.3, 4.4 ở chương 4.

6.2.1. Đặc điểm của mạ kền

Ion Ni^{2+} bị hydrat hoá, liên kết chặt với H_2O, nên quá thế catot lớn, khó phóng điện. Ion H^+ phóng điện trên Ni có quá thế bé, nên dễ phóng điện. Vì vậy luôn có sự phóng điện đồng thời giải phóng Ni và H_2.

Hệ quả là: hiệu suất dòng điện không thể đạt 100%; bọt hydro dễ gây rỗ, châm kim; hydro thấm vào kim loại làm cứng, giòn, tăng ứng suất nội..., hiện tượng này càng trầm trọng khi nồng độ H^+ càng lớn (tức pH càng bé). Ngược lại nếu tăng pH lên quá cao (để giảm nồng độ H^+) thì có nguy cơ sinh $Ni(OH)_2$ khó tan, làm đục dung dịch và làm hỏng lớp mạ. Khắc phục bằng cách dùng pH thích hợp (khoảng 4 – 5) và chất đệm H_3BO_3 (30 – 40 g/l) để duy trì pH ấy. Ngoài ra còn phải áp dụng các biện pháp hỗ trợ khác như: khuấy mạnh, tăng nhiệt độ, chất thấm ướt bề mặt... để hydro dễ tách ra khỏi bề mặt kim loại. Do đó công nghệ mạ Ni mới, ngoài thành phần dung dịch tốt, còn luôn dùng nhiệt độ cao, khuấy mạnh, lọc và đối lưu dung dịch liên tục.

Một đặc điểm khác là anot Ni dễ bị thụ động, trở nên khó tan, nguyên nhân là mật độ dòng anot i_a lớn, hay diện tích anot nhỏ hơn diện tích catot. Khắc phục bằng cách đưa ion Cl^- vào dung dịch để phá màng thụ động, đồng thời dùng diện tích anot S_a lớn. Công nghệ mạ Ni hiện đại dùng anot Ni dạng viên (d = 6 – 12 mm), mảnh, miếng nhỏ (25 x 25 mm)... nguyên chất hay có chứa lưu huỳnh (cho dễ tan), luôn đổ đầy vào giỏ anot titan nên đảm bảo lúc nào cũng có $S_a > S_c$.

Bảng 6.10. Tốc độ mạ kền (μm/h)

Mật độ dòng điện, A/dm²	*Hiệu suất dòng điện H, %*					
	50	*60*	*70*	*80*	*90*	*95*
0,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	5,9
1,0	6,3	7,4	8,7	10,0	11,2	11,8
2,0	12,5	14,9	17,6	20,0	22,4	23,6
3,0	18,8	22,3	26,2	29,9	33,6	35,4
4,0	25,1	29,8	34,9	39,9	44,8	47,2
5,0	31,4	37,2	43,7	49,8	56,0	59,0
10	62,8	74,4	87,3	99,7	112,0	118,0

Mạ Ni từ dung dịch muối đơn đã có phân cực lớn nên khả năng phân bố tốt, tinh thể mịn, do đó không cần phải dùng dung dịch phức như nhiều kim loại khác.

Chiều dày lớp mạ Ni tính theo công thức (5.1) hay tra bảng 6.10.

6.2.2. Các dung dịch mạ kền

Mạ kền từ dung dịch sunfat

Dung dịch thông dụng nhất trong mạ kền là dung dịch sunfat, nó cho lớp mạ có tinh thể nhỏ mịn, khả năng phân bố tốt, có thể mạ cho các vật có hình dạng khá phức tạp.

Thành phần các loại dung dịch sunfat với các chức năng khác nhau được kê trong bảng 6.11.

Dung dịch 1 làm việc ổn định, không cần hút thông gió, cho lớp mạ mờ, tinh thể mịn, ứng suất nội bé, có thể mạ quay. Dung dịch 2 mạ Ni mờ, tốc độ cao, dùng bảo vệ thiết bị hóa chất. Dung dịch 3 mạ Ni mờ lên vật có hình dạng rất phức tạp, nhiều lỗ sâu, khe khuất. Dung dịch 4 cho lớp mạ bóng nhưng không có tác dụng san bằng. Dung dịch 5 mạ bóng và dung dịch 6 mạ bóng quay, chúng cho độ san bằng tốt, nhưng cứng, ứng suất nội lớn, giòn. Các chất bóng tiêu thụ dần trong quá trình mạ, cần định kỳ bổ sung.

Lớp mạ Ni bóng đơn độc bảo vệ chống ăn mòn rất kém, chỉ mạ cho vật làm việc ở nơi ăn mòn yếu (Y); ở nơi ăn mòn vừa (V) và mạnh (M) nhất thiết phải mạ lót đồng hay mạ Ni nhiều lớp.

Bảng 6.11. Các dung dịch sunfat mạ kền

Thành phần (g/l) dung dịch và chế độ mạ	*Các dung dịch mạ kền*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$NiSO_4.7H_2O$	140 – 200	260 – 300	30	250 – 300	250 – 300	250 – 300
$NiCl_2.6H_2O$	30 – 40	40 – 60	38	–	50 – 60	–
NaCl	–	–	–	10 – 15	–	10 – 15
H_3BO_3	25 – 40	30 – 40	25	25 – 40	25 – 40	25 – 40
Na_2SO_4	60 – 80	–	180	–	–	–
KF hay NaF	–	–	–	5 – 6	–	–
Fomalin HCHO (40%), ml/l	–	–	–	1 – 2	0,5 – 1,0	1,2 – 2,5
2,6 – 2,7 disunfonaphtalen	–	–	–	2 – 4	–	–
Sunfonol $C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3Na$	–	–	–	0,015	–	–
1,4 – Butindiol $C_4H_4(OH)_2$	–		–	–	0,18 – 0,3	0,2 – 0,5
Sacarin $C_6H_4.CONH.SO_2$	–	–	–	–	1 – 2	–
Cloramin B $C_6H_5SO_2NNaCl.2H_2O$	–	–	–	–	–	2,0 – 2,5
Nhiệt độ, °C	20 – 55	45 – 65	40 – 50	40 – 50	50 – 60	40 – 50
Mật độ dòng i_c, A/dm²	0,5 – 2,0	2,5 – 10	0,2 – 1,0	3 – 5	3 – 5	2,5 – 3,5
pH	5,2 – 5,8	1,4 – 4,5	4,5 – 5,5	5,8 – 6	4,5 – 4,8	4,5 – 5,5

Điện thế nguồn một chiều 6 – 12 V.

Các dung dịch mạ bóng phải khuấy liên tục trong khi mạ bằng khí nén với lưu lượng 20 l/ph cho 1 dm cầu catot.

Các chất bóng 1,4 butindiol và sacarin (trong dung dịch 5) có thể thay bằng các chất TURBO Make up và TURBO Maintenance của hãng Enthone – OMI hoặc các chất bóng tương ứng của nhiều hãng khác.

Anot: Ni dạng tấm chữ nhật, ovan... treo trực tiếp vào bể hay dạng bi, mảnh nhỏ, viên dẹt, đồng tiền... (xem hình 13.1) cho vào giỏ titan rồi treo vào bể (xem mục 13.1). Anot phải lồng trong túi vải polypropylen.

Pha chế dung dịch: Các hóa chất hòa tan riêng trong nước mềm (riêng axit boric phải dùng nước nóng, NaF hay KF phải dùng chậu nhựa), lọc chúng vào bể mạ, thêm nước đến thể tích đã dự định, chỉnh pH. Thêm 1 – 2 g/l than hoạt tính, khuấy, 12 – 24 h sau đem lọc rồi mạ xử lý với i_c 0,1 – 0,2 A/dm^2 cho đến khi được lớp mạ mờ tốt, thêm các chất bóng, khuấy đều.

Bảo dưỡng dung dịch: Hàng ngày phải kiểm tra pH vài ba lần và điều chỉnh kịp thời. Cứ 1 lít dung dịch mạ sau 1 ca làm việc liên tục cần bổ sung 0,13 ml 1,4 butindiol (loại dung dịch 35%), 0,02 ml fomalin (loại dung dịch 40%), còn sacarin, cloramin B bổ sung tuần 1 – 2 lần.

Bể mạ lớn, hiện đại, làm việc với năng suất cao cần trang bị riêng một máy lọc, một bình hấp phụ bằng than hoạt tính, một bể mạ xử lý nhỏ khép thành vòng liên hoàn với bể mạ chính để bơm, lọc, hấp phụ, mạ xử lý liên tục ngay trong khi đang mạ. Chất bóng tổn thất không đáng kể trong quá trình hấp phụ, xử lý.

Tạp chất có hại và nồng độ (g/l) cho phép: Fe ≤ 0,1; Zn ≤ 0,01; Cu ≤ 0,02; Pb ≤ 0,001; Cr ≤ 0,04; Sn ≤ 0,02; S ≤ 0,005; Al ≤ 0,06; Ca ≤ 0,5...

Loại bỏ Fe: Axit hóa dung dịch bằng H_2SO_4 đến pH 3,5 – 4,0, đun đến 50 – 60 °C, thêm H_2O_2 để oxy hóa Fe^{2+} thành Fe^{3+}, khuấy mạnh bằng không khí nén, kiềm hóa dung dịch đến pH 6,0 để kết tủa $Fe(OH)_3$, lọc, chỉnh lại pH.

Loại bỏ Cu, Pb: Axit hóa dung dịch đến pH 2,5 – 3,0, mạ xử lý với i_c = 0,1 – 0,2 A/dm^2 trên catot lượn sóng hoặc catot lưới trong nhiều giờ. Catot xử lý phải sâu bằng khung mạ và dài đến kín bể. Tạp chất sẽ bám lên catot dưới dạng bông, vảy hay bột. Nhẹ nhàng lấy catot khỏi bể, làm sạch tạp chất, tiếp tục xử lý đến khi được lớp mạ tốt. Chỉnh lại pH.

Loại bỏ Zn: Kiềm hóa dung dịch đến pH 6,1 – 6,3, khuấy mạnh, Zn kết tủa cùng với Cu, Fe và một phần Ni, lọc, chỉnh lại pH, bổ sung muối kền theo số liệu phân tích. Tạp chất kẽm cũng được lấy đi cùng với đồng và chì trong khi xử lý điện nếu cho thêm 1 ml/l H_2O_2 30%.

Loại bỏ chất hữu cơ và sản phẩm phân hủy của các chất bóng: Cho 2 – 3 g/l than hoạt tính vào dung dịch, khuấy mạnh trong 8 h, lọc.

Loại bỏ Cr: Axit hóa dung dịch đến pH 3, thêm Ni bột vào để khử Cr^{6+} thành Cr^{3+}, khuấy và đun đến 75 °C trong nhiều giờ, thêm $NiCO_3$ để kiềm hóa và kết tủa Cr^{3+}, lọc, chỉnh lại pH.

Các hư hỏng thường gặp khi mạ kền sunfat được trình bày trong bảng 6.12.

Bảng 6.12. Sự cố thường gặp trong mạ kền sunfat

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Không có lớp mạ, nhất là ở chỗ có i_c bé; khí thoát nhiều ở catot	1. pH quá bé. Dùng NaOH 3% điều chỉnh lại pH. 2. Lẫn CrO_3. Thêm dần $NaHSO_3$ mỗi lần 0,1 g/l, nên thử nghiệm trước trong bình Hull cho đến khi toàn bộ catot Hull được mạ, lấy kết quả đó áp dụng cho cả bể mạ lớn.
Không có lớp mạ, vật mạ có vệt hay màng đen	3. Mật độ dòng i_c quá bé. Tăng i_c lên hoặc giảm bớt hàng mạ. 4. Nhiệt độ dung dịch quá thấp. Tăng nhiệt độ lên > 18 °C. 5. Không tiếp điện hay nối nhầm cực. Kiểm tra và khắc phục. Dung dịch lẫn NO_3^-. Thay dung dịch mới hoặc mạ xử lý: 5 – 6h đầu dùng i_c 0,5 – 1 A/dm²; sau đó dùng i_c 0,1 – 0,2 A/dm². Cứ 1Ah loại bỏ được 0,1 g NO_3^-.
Lớp mạ dễ bong	1. Chuẩn bị bề mặt chưa sạch. Kiểm tra và khắc phục. 2. Dòng điện bị gián đoạn hoặc biến động mạnh khi mạ. hòa tan lớp kền rồi mạ lại.
Lớp mạ có vệt sáng	Tạp chất Fe > 0,1 g/l. Loại bỏ Fe như vừa nói.
Lớp mạ xám, khi ngừng mạ anot có màu hồng	Dung dịch lẫn nhiều đồng. Mạ xử lý loại bỏ đồng như đã nói.
Lớp mạ đen sạm hoặc có chấm đen, nâu	Dung dịch lẫn nhiều kẽm. Xử lý dung dịch như vừa nói.
Lớp mạ bong vỡ thành vảy nhỏ, rơi rụng	1. pH quá bé, i_c quá cao. Kiểm tra và chỉnh lại. 2. Nồng độ Ni^{2+} bé còn các chất khác lớn. Thêm $NiSO_4$.
Lớp mạ bị cháy	1. i_c quá cao. Kiểm tra và chỉnh lại. 2. pH quá cao. Kiểm tra và chỉnh lại. 3. Nhiệt độ quá thấp. Kiểm tra và chỉnh đến 60 °C. 4. Nồng độ muối kền quá thấp. Kiểm tra và chỉnh lại. 5. Thiếu chất bóng. Phân tích và bổ sung.
Tốc độ mạ chậm	Nhiệt độ dung dịch quá thấp. Tăng nhiệt độ lên > 18 °C
Lớp mạ lỏi, chỗ tốt chỗ xấu	1. Tẩy dầu mỡ chưa sạch. Kiểm tra và khắc phục. 2. Vật mạ che khuất lẫn nhau. Treo lại vật mạ. 3. Anot không tiếp điện hoặc bố trí không đúng. Chỉnh lại. 4. Vật mạ hay khung treo tiếp điện kém. Kiểm tra, chữa lại.
Lớp mạ hơi vàng, vật mạ lớn có bám lớp màng xanh	1. pH dung dịch quá lớn. Dùng H_2SO_4 3% điều chỉnh lại. 2. Mật độ dòng i_c quá lớn. Giảm bớt và khuấy dung dịch mạnh hơn.
Anot bị đen hay nâu	1. Diện tích anot bé. Thêm anot. 2. Thiếu NaCl hay $NiCl_2$. Thêm khoảng 2 – 3 g/l vào.

Lớp mạ nhám, có nhiều lỗ thủng	1. Dung dịch bẩn, nhiều bụi, cặn, mùn anot, bột than hoạt tính, $CaSO_4$ trong nước cứng, khí nén lẫn bụi... Lọc lại dung dịch; bao anot bằng vải polypropylen, dùng nước mềm... 2. Dùng đồng thời anot Ni điện giải và anot Ni nhiều S. Tách riêng, không dùng chung, lẫn lộn. 3. Dung dịch lẫn nhiều Fe. Xử lý Fe như đã nói.
Lớp mạ nhiều lỗ rỗ, xốp	1. Dung dịch lẫn chất hữu cơ, thuốc mài. Xử lý như đã nói. 2. Dung dịch lẫn nhiều Fe. Xử lý Fe như đã nói. 3. Mật độ dòng i_c lớn. Giảm bớt i_c. 4. pH thấp quá. Dùng H_2SO_4 chỉnh lại pH. 5. Sục khí kém. Ống bị tắc, vỡ, rò rỉ. 6. Nhiệt độ dung dịch thấp. Kiểm tra và chỉnh lại. 7. Dung dịch quá đặc. Pha loãng và điều chỉnh lại thành phần dung dịch cho đúng. 8. Kim loại nền bị rỗ. Tẩy gỉ, mài và đánh bóng kỹ hơn.
Lớp mạ bóng nhưng giòn	Dung dịch lẫn tạp hữu cơ. Xử lý bằng than hoạt tính hoặc bằng chế phẩm Udyfin 999 của hãng Enthone OMI.
Lớp mạ kém bóng	1. Thiếu chất bóng. Thêm dần chất bóng loại hai, mỗi lần 0,5 ml/l cho đến khi đạt yêu cầu rồi thêm một ít chất bóng loại một. 2. pH dung dịch < 3. Kiểm tra và chỉnh lại. 3. Nhiệt độ dung dịch quá thấp. Kiểm tra và chỉnh lại. 4. Sục khí kém. Kiểm tra và chỉnh lại. 5. Dung dịch lẫn tạp chất hữu cơ. Thay mới than hoạt tính.
San bằng kém	1. Thiếu chất bóng loại hai. Thêm dần mỗi lần 0,5 ml/l. 2. Thiếu chất bóng các loại. Thêm dần, mạ thử. 3. pH hay nhiệt độ dung dịch quá thấp. Kiểm tra, điều chỉnh lại. 4. Bề mặt kim loại nền quá nhám. Kiểm tra,chỉnh lại.
Anot bị thụ động	1. Giỏ anot bị bịt kín lỗ. Ngâm giỏ 1 h trong HCl 3% ở 50 °C, chải sạch, làm thông lỗ. 2. Diện tích anot bé. Kiểm tra và chỉnh lại. 3. pH quá cao. Kiểm tra và chỉnh lại. 4. Điện thế áp vào quá lớn. Kiểm tra và chỉnh lại. 5. Anot quá bẩn. Lấy ra chải sạch.
Tối hay đen ở chỗ có i_c bé	Dung dịch lẫn Zn, Cu. Loại bỏ Zn: thêm 1 ml/l H_2O_2, hạ pH đến 3,6 – 4 rồi mạ xử lý với i_c = 0,5 A/dm^2, khuấy mạnh. Loại bỏ Cu: Hạ pH đến 2 – 2,6, mạ xử lý với i_c = 0,2 – 0,3 A/dm^2, khuấy mạnh.
Lớp mạ có chỗ sần sùi, mọc cây tại cạnh, mép	1. Mật độ dòng điện quá cao. Giảm bớt. 2. Mạ quá dày. Giảm bớt thời gian mạ.

Cách sử dụng chất oxy hóa H_2O_2 và $KMnO_4$: Hai chất nước oxy già và thuốc tím thường dùng để oxy hóa Fe^{2+} thành Fe^{3+} hoặc phá hủy một số tạp chất hữu cơ... trong dung dịch mạ kền mờ và bóng. Thuốc tím mạnh hơn nên oxy hóa được nhiều tạp chất hữu cơ hơn, nhưng nó cũng phá hủy luôn cả chất bóng, chất bán bóng của bể mạ kền. Nước oxy già oxy hóa yếu hơn nên an toàn hơn nhưng đôi khi lại cho kết quả không thật mỹ mãn.

Khi dùng H_2O_2 cần tuân theo quy trình sau:

– Điều chỉnh nhiệt độ dung dịch đến 60 – 65 °C rồi bơm dung dịch sang thùng chứa sạch.

– Thêm 3ml/l H_2O_2 30% và khuấy mạnh liên tục ít nhất là 30 ph.

– $NiCO_2$ pha với nước nóng thành dạng hồ (vữa) rồi cho vào dung dịch và khuấy mạnh liên tục đến khi pH tăng lên đến 4,5 – 5,0. Muốn vậy phải dùng khoảng 2 – 8 g/l $NiCO_3$, tùy thuộc vào pH ban đầu, thành phần dung dịch và nhiệt độ.

– Cho than hoạt tính vào, khuấy mạnh liên tục trong 1 h, nếu thêm 2,5 g/l chất trợ lọc vào cùng với than hoạt tính sẽ lắng rất nhanh và lọc được thuận lợi hơn rất nhiều. Để yên 8h ở nhiệt độ 65 – 70 °C nhằm loại bỏ hết lượng H_2O_2 dư.

– Lọc dung dịch sang bể mạ sạch bằng màng lọc thô. Khi dung dịch cần lọc đã cạn cần chú ý giữ miệng ống hút chỉ ngập dưới mặt dung dịch vài cm, sâu quá sẽ hút cả cặn bẩn làm tắc màng lọc.

– Chỉnh lại pH, nhiệt độ, thành phần dung dịch và bắt đầu mạ.

Khi dùng $KMnO_4$ cần tuân thủ theo quy trình sau:

– Điều chỉnh nhiệt độ dung dịch đến 60 – 65 °C rồi bơm sang thùng chứa sạch.

– Tăng pH trước khi dùng thuốc tím để oxy hóa bằng cách thêm hồ nóng $NiCO_3$ vào, khuấy mạnh liên tục cho đến khi pH đạt 4,5 – 5,0, muốn vậy phải dùng 2,5 đến 7,5 g/l $NiCO_3$, tùy thuộc vào pH ban đầu, thành phần dung dịch và nhiệt độ.

– Hòa cho tan hết thuốc tím vào nước nóng rồi rót vào dung dịch mạ kền, khuấy mạnh liên tục trong 30 ph.

– Thêm than hoạt tính vào, khuấy mạnh liên tục trong 3 h. Sau đó thêm 2 g/l chất trợ lọc, khuấy đều để tăng tốc độ lắng và lọc được dễ dàng hơn. Để yên từ 2 – 4 h, tốt nhất là để qua đêm cho các chất cặn rắn lắng hết xuống đáy.

– Lọc dung dịch vào bể mạ sạch bằng màng lọc thô. Khi dung dịch cần lọc đã cạn cần chú ý giữ miệng ống hút chỉ ngập dưới mặt dung dịch vài cm, sâu quá sẽ hút cả cặn bẩn làm tắc màng lọc.

– Chỉnh lại pH, nhiệt độ, thành phần dung dịch và bắt đầu mạ.

Chế phẩm Udyfin 990 và 999 (của hãng OMI) cũng làm vô hiệu hóa các tác hại của tạp chất Fe^{2+} và chất hữu cơ rất công hiệu.

Than hoạt tính dùng từ 0,5 đến 5,0 g/l tùy theo mức độ nhiễm bẩn và phải khuấy mạnh liên tục trong nhiều giờ mới có tác dụng. Khi dùng phương thức lọc liên tục trong mạ kền thì lượng dùng than hoạt tính là 0,1 g/l.tuần.

Mạ kền từ dung dịch sunfamat

Ưu điểm nổi bật là lớp mạ có ứng suất nội bé, dùng cho mạ đúc chính xác, có khả năng phân bố lớn, nhưng giá thành cao. Thành phần dung dịch và chế độ mạ như sau:

Thành phần (g/l)	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
Kền sunfamat $Ni(H_2NSO_3)_2$	350 – 600	300 – 400
$NiCl_2.6H_2O$	5 – 15	12 – 15
H_3BO_3	10 – 25	25 – 40
Rượu propagylic $CHCCH_2OH$	0,05 – 0,15	–
Benzosunfamid	Đến bão hòa	–
Sacarin $C_6H_4SO_2NHCO$	–	0,5 – 1,5
pH	3,5 – 5,0	3,0 – 4,2
Nhiệt độ, °C	40 – 60	20 – 60
Mật độ dòng i_c, A/dm^2	2 – 20	5 – 12
Mật độ dòng i_a, A/dm^2	0,5 – 2	–

Pha chế dung dịch: Hòa tan riêng các muối kền và axit boric trong nước nóng, đổ chung lại, thêm nước đến thể tích cần thiết, lọc, thêm kền cacbonat và khuấy để đưa pH lên 5,5, thêm 1,2 – 2 ml/l H_2O_2, khuấy mạnh trong 3 – 4 h, thêm 3 g/l than hoạt tính, khuấy trong 8 h, để lắng, lọc vào bể mạ. Mạ xử lý ở i_c 0,1 – 0,2 A/dm^2 và khuấy trong thời gian 3 – 5 h. Thêm các phụ gia, riêng benzosunfamid phải hòa tan trước trong một ít dung dịch mạ nóng.

Mạ kền từ dung dịch floborat

Dung dịch này cho *tốc độ mạ lớn*. Lớp mạ sáng, dẻo, độ cứng 3000 – 3500 MPa (306 – 357 kg/mm^2). Mạ trong thùng quay, chuông quay rất tốt. Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ như sau:

$Ni(BF_4)_2$	300 – 400
$NiCl_2.6H_2O$	10 – 15
H_3BO_3	10 – 15
Nhiệt độ, °C	45 – 55
pH	3,0 – 3,5
Mật độ dòng điện i_c, A/dm^2	đến 20
Hiệu suất dòng điện *H*, %	95 – 98

6.2.3. Mạ kền nhiều lớp

Mạ kền bóng một lớp chỉ dùng được ở điều kiện làm việc ăn mòn yếu và phải mạ dày từ 5 – 12 μm, vì lớp mạ có nhiều lỗ thủng, xốp; ứng suất nội lớn, giòn và cứng. Muốn chống ăn mòn tốt phải mạ lót đồng hoặc mạ kền nhiều lớp.

Mạ kền hai lớp: Lớp dưới mờ hoặc bán bóng (chiếm 50 – 70% tổng chiều dày), lớp trên bóng (chiếm 30 – 50% tổng chiều dày). Lớp dưới không chứa lưu huỳnh, có điện thế

dương hơn 0,12 – 0,2 V so với lớp bóng ở trên (do có chứa 0,08 – 0,1% S), nên lớp trên trở thành anot hy sinh, chỉ khi nó bị ăn mòn gần hết nền thép mới bị xâm thực tại các lỗ thủng của lớp dưới. Lớp mạ tổng dẻo hơn, ứng suất nội bé hơn, bảo vệ tốt hơn so với mạ một lớp.

Mạ kền bóng ba lớp: Giữa hai lớp kền nói trên mạ xen một lớp kền mỏng 1,5 – 2 μm chứa nhiều S nhất (0,14 – 0,2%), nên nó trở thành anot và khi bị ăn mòn sẽ phát triển theo chiều ngang dọc theo lớp này, hạn chế được ăn mòn theo lỗ xốp xuyên xuống nền thép, đồng thời vẻ mặt bên ngoài không bị xuống cấp.

Dung dịch mạ lớp bóng bên ngoài dùng dung dịch 5 hay 6 bảng 6.12.

Dung dịch mạ lớp kền bán bóng không chứa S và dung dịch mạ lớp kền thứ hai chứa nhiều S nhất kê trong bảng 6.13.

Lớp mạ crom trang sức trên lớp kền theo quy ước dày cỡ 0,3 μm, làm cho lớp mạ sáng xanh, lộng lẫy, cứng mặt. Tuy nhiên lớp mạ crom có điện thế dương hơn kền, lại không kín, luôn có lỗ xốp hay vết nứt to và thưa, vì thế khi bị xâm thực kền sẽ là anot bị ăn mòn. Do diện tích bề mặt kền bị hở ra (diện tích lỗ xốp, nứt) bé hơn diện tích lớp crom (catot) rất nhiều nên kền bị ăn mòn tập trung tại các điểm này và nhanh chóng bị thủng đến tận nền sắt thép, làm hỏng lớp mạ. Để khắc phục hiện tượng này cần thực hiện một trong các công nghệ mới sau:

– Mạ crom nứt tế vi: khi mạ crom dày ≥ 0,8 μm, chúng sẽ tự nứt thành các vết rất mảnh chi chít, dày đặc; nhờ đó mà diện tích kền (anot) hở ra sẽ rất lớn và phân bố đều khắp trên toàn bề mặt, vì vậy ăn mòn dàn trải ra diện lớn, tránh được ăn mòn tập trung vào một diện tích nhỏ, do đó lớp mạ kền lâu bị thủng, lớp mạ phục vụ được lâu hơn.

– Mạ crom nứt tế vi: bằng cách mạ một lớp kền mỏng có ứng suất lớn trên lớp kền bóng rồi mạ crom 0,3 μm lên, nhờ ứng suất cao của lớp kền đã tạo ra mạng vết nứt tế vi dày đặc chi chít cho lớp crom để nó có tác dụng như lớp mạ crom nứt tế vi nói trên.

– Mạ crom xốp tế vi: được thực hiện bằng cách mạ lớp kền compozit trước khi mạ crom thông thường dày 0,3 μm chồng lên. Lỗ xốp tế vi dày đặc, chi chít trong lớp crom có tác dụng giống như lớp crom nứt tế vi nói trên (xem mục 4.3).

Mạ kền compozit còn được gọi là mạ kền từ dung dịch "Sil–nickel", đó là một dung dịch mạ kền bóng thông thường có cho thêm các hạt rắn trơ, không tan, không màu, không dẫn điện, rất mịn, kích thước hạt từ 0,01 – 0,02 μm đến 1 μm với liều lượng 0,5 – 1,0 g/l. Khuấy mạnh dung dịch bằng khí nén trong khi mạ (6 l/ph.dm^2 bề mặt mạ), các hạt này sẽ bám lên bề mặt và tham gia vào lớp mạ. Trên mặt lớp mạ Ni này lộ ra vô vàn các hạt trơ đó, nên lớp crom mạ chồng lên sẽ bị thủng tại các hạt này và tạo nên độ xốp tế vi có mật độ từ 20.000 đến 100.000 lỗ/cm^2.

Hạt trơ làm từ các vật liệu: borua, cacbua, bột mài, nhôm oxit, cao lanh, bari sunfat...

Lớp mạ kền compozit có thể thay cho lớp bóng trong mạ kền hai lớp, nhưng chiều dày chỉ cần nhỏ hơn 9 μm là đủ, hoặc mạ lớp kền compozit 1 – 2 μm trên lớp kền bóng hay bán bóng trước khi mạ crom.

Dung dịch mạ kền compozit kê trong bảng 6.13.

Pha chế và bảo dưỡng dung dịch giống như các dung dịch mạ kền khác. Sacarin và 1,4–butindiol cho vào sau khi đã làm sạch dung dịch; cao lanh hòa thành bột nhão theo tỷ lệ

20 g cao lanh trong 100 ml dung dịch rồi mới đổ từ từ vào bể và khuấy mạnh. Trong quá trình mạ kền compozit không được lọc liên tục, chỉ lọc và làm sạch khi bổ sung điều chỉnh dung dịch.

Cứ mạ 1000 Ah cần bổ sung 12 – 14 g sacarin, 80 – 100 ml 1,4–butindiol loại 35%; 12 – 15 g para–aminobenzolsunfamid $C_6H_4SO_2(NH_2)_2$, 100 – 125 ml fomalin loại 40%; hoặc cứ mạ 1 m^2 dày 1 μm thì tiêu tốn 1,2 – 1,4 g sacarin, 60 – 75 ml butindiol (35%), 0,14 g cao lanh.

Bảng 6.13. Các dung dịch để mạ kền nhiều lớp

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch mạ kền*		
	Lớp Ni không S (S < 0,005%)	*Lớp Ni có nhiều S (S = 0,14 – 0,2%)*	*Compozit*
$NiSO_4.7H_2O$	250 – 300	250 – 300	250 – 300
$NiCl_2.6H_2O$	50 – 60	50 – 60	50 – 60
H_3BO_3	25 – 40	25 – 40	25 – 4
1,4– Butindiol (30%), ml/l	0,15 – 0,3	–	0,5 – 0,6
Fomalin (40%), ml/l	0,25 – 0,70	0,5 – 1,0	–
Sacarin	–	0,5 – 0,6	1,0 – 1,5
Paraaminobenzolsunfamid	–	0,5 – 1,0	–
Cao lanh (cỡ hạt 0,1 – 3μm)	–	–	0,1 – 3,0
pH	4,3 – 5,1	5,0 – 6,0	3 – 4
Nhiệt độ, °C	50 – 60	50 – 60	50 – 60
Mật độ dòng catot i_c, A/dm^2	2 – 8	2 – 6	5 – 6
Mật độ dòng anot i_a, A/dm^2	< 2,5	< 2,5	1 – 2

6.2.4. Các quy trình mạ kền đặc biệt

Mạ kền cứng, chịu mài mòn

Lớp mạ có thể chứa đến 10% P, cho độ cứng 5 – 5,5 GPa (510 – 562 kg/mm^2). Sau khi nung đến 300 – 400 °C độ cứng tăng lên đến 10 – 12 GPa (1020 – 1224 kg/mm^2), tương đương với độ cứng của lớp mạ crom. Hệ số ma sát của lớp Ni này trên thép, gang thấp hơn 30% so với lớp crom trên thép, gang. Thành phần dung dịch và chế độ mạ như sau:

$NiSO_4.7H_2O$	180 – 200 g/l
H_3PO_4	40 – 45 g/l
$NiCl_2.6H_2O$	25 – 30 g/l
$NaH_2PO_2.H_2O$	2 – 10 g/l
H_3BO_3	20 – 30 g/l
Nhiệt độ	70 – 80 °C
pH	2 – 3
Mật độ dòng điện i_c	8 – 12 A/dm²
Hiệu suất dòng điện H	70%

Khi pha chế và điều chỉnh dung dịch, axit photphoric tự do được trung hòa bằng $NiCO_3$ (mới chế) để đưa pH về giá trị 2 – 3.

Mạ kền đen

Dùng trong hệ lớp mạ bảo vệ trang sức cho dụng cụ quang học, chế tạo máy...

Các hệ mạ kền đen gồm các lớp: Fe/Cu Ni_b $Ni_{đen}$ hay Fe/$Ni_s$$Ni_b$ $Ni_{đen}$, trong đó Ni đen chỉ dày 0,5 – 1 μm; các lớp Cu, Ni_s bán bóng, Ni_b bóng như đã nói ở bảng 4.3 và 4.4. Hoặc mạ lót Zn bóng rồi mạ Ni đen lên. Các dung dịch mạ kền đen kê ở bảng 6.14.

Sau khi mạ kền đen thụ động trong $K_2Cr_2O_7$ 3% để tăng độ bền.

Có thể bôi dầu đinh tử hay sơn không màu ra ngoài để giữ độ bóng được lâu.

Bảng 6.14. Một số dung dịch mạ kền đen

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch mạ*			
	1	*2*	*3*	*4*
$NiSO_4.7H_2O$	110 – 120	75	50	70 – 75
$ZnSO_4.7H_2O$	35 – 40	40	25	20 – 25
NH_4CNS	10 – 15	15	25	15 – 20
$Na_2SO_4.10H_2O$	55 – 65	–	–	40 – 50
$NiSO_4(NH_4)_2SO_4.6H_2O$	–	45	–	–
H_3BO_3	–	25	–	20 – 25
$(NH_4)_2SO_4$	–	–	15	–
Axit xitric $H_3C_6H_5O_7$	–	–	2	–
NaCl	–	–	–	5 – 10
pH	5,6 – 5,8	4,5 – 5,5	5,2 – 5,5	5,6 – 5,8
Nhiệt độ, °C	20 – 30	45 – 55	18 – 25	15 – 25
Mật độ dòng i_c, A/dm²	0,05 – 0,15	1,0 – 1,5	0,1	0,1
Thời gian, ph	30	3 – 5	20 – 30	–
Anot		Kền	Ni, grafit	–

Mạ kền quay

Mạ kền quay áp dụng cho vật mạ bé. Thiết bị là chuông quay hay thùng quay. Năng suất mạ lớn nên dùng thiết bị tự động gồm nhiều chuông quay làm việc liên hoàn. Năng suất bé nên dùng thùng quay đựng vật mạ đặt và quay trong bể chứa dung dịch mạ (xem mục 15.2, 15.3, 15.4). Năng suất ít, không thường xuyên có thể mạ trên sàng, quay đảo thủ công hoặc buộc treo.

Dung dịch mạ kền quay dùng dung dịch số 1 và số 6 bảng 6.11 hoặc các dung dịch sau:

Thành phần (g/l)	*Mạ quay*	*Mạ quay bóng*
$NiSO_4.7H_2O$	140 – 150	120 – 180
NaCl	5 – 10	–
NH_4Cl	–	20 – 25
H_3BO_3	20 – 25	30 – 40
$Na_2SO_4.10H_2O$	45 – 50	–
Sacarin $C_6H_4SO_2NHCO$	–	0,8 – 1,2
1,4–Butindiol $(CH_2OH)_2(CH_2)_2$ (35%)	–	0,9 – 1,5 ml/l
Axit bacbaturic $C_4H_4O_3N_2.2H_2O$	–	0,03 – 0,09
pH	5,0 – 5,5	3,5 – 5,8
Nhiệt độ, °C	20 – 35	20 – 60
Mật độ dòng i_c ,A/dm²	0,8 – 2	–
Điện thế bể, V	–	10 – 18
Tốc độ mạ, μ/ph	–	0,1 – 0,2
Tổn thất dung dịch theo vật mạ quay	220 – 270 ml/m²	

Tiêu hao chất bóng (g/m²) khi mạ dày 10 μm: sacarin 1,5 – 1,8.

1,4–butindiol (35%) 10 – 20; axit bacbaturic 0,1 – 0,15.

Mạ quay các vật chồng chất, che khuất lẫn nhau; cọ xát, mài mòn lẫn nhau nên tốc độ mạ chỉ bằng 50 – 60% so với tính toán theo định luật Faraday [công thức (5.1)], có nghĩa phải mạ lâu gần gấp đôi mạ treo nếu muốn có cùng chiều dày, đồng thời phải dùng điện thế nguồn cao hơn để khắc phục điện trở lớn trong dung dịch.

Điều kiện tối ưu của mạ quay:

– Lớp mạ sẽ đồng đều nhất khi lượng tải trong thùng quay chiếm 45 – 50% thể tích thùng quay;

– Tổng diện tích lỗ của thùng quay tốt nhất là bằng 20 – 25% diện tích mặt thùng;

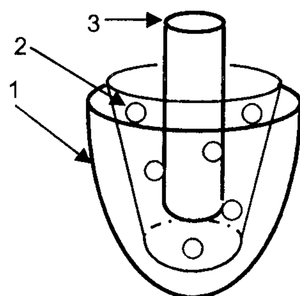
– Tốc độ quay tốt nhất cho lớp mạ đồng đều là 9 – 12 vg/ph.

Nâng cao độ dày đồng đều cho lớp mạ kền:

Vật mạ là tấm phẳng lớn thường thu được lớp mạ Ni dày ở rìa, quanh mép, còn ở phần giữa lớp mạ rất mỏng thậm chí không có lớp mạ. Để lớp mạ dày đều trên toàn diện tích vật mạ, có thể dùng tấm nhựa to bằng hoặc lớn hơn vật mạ, khoét một lỗ tròn ở giữa có

đường kính bằng 1/2 – 2/3 chiều rộng của vật mạ, đặt tấm nhựa thủng vào dung dịch giữa vật mạ và anot, song song và cách đều với các cực rồi tiến hành mạ.

Vật mạ lõm sâu như pha đèn ôtô chẳng hạn, muốn có lớp mạ ở mặt lõm đồng đều, không lỏi phải dùng tấm nhựa mỏng, khoan nhiều lỗ rồi uốn thành hình nón cụt, đặt nón nhựa giữa thỏi anot với vật mạ như hình 6.1. Đầu nón cụt để hở.



Hình 6.1. Mạ pha đèn

1 – Pha đèn; 2 – Tấm nhựa hình nón cụt; 3 – Anot.

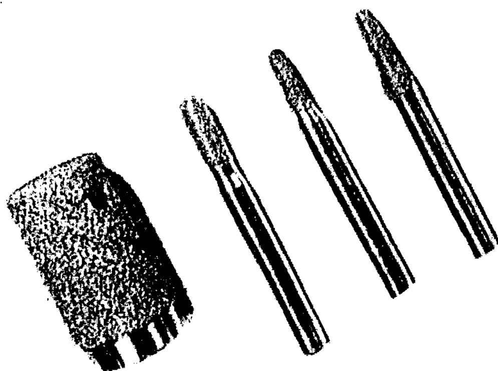
Mạ kền compozit cứng, chịu mài mòn

Nguyên tắc: cho vào dung dịch mạ kền các hạt mài, khuấy đục dung dịch lên trước khi bắt đầu mạ kền, các hạt mài lắng bám trên bề mặt kim loại bị lớp mạ kền bao quanh và gắn kết chặt lên kim loại nền, tạo thành lớp vật liệu compozit có độ cứng rất cao, chịu mài mòn và chịu va đập rất tốt. Hạt mài có thể bằng vật liệu corundum, silic cacbua, vonfram, cát nghiền mịn, bột kim cương... Lớp mạ compozit có thể chứa từ 10 đến 35 thậm chí đến 50% trọng lượng hạt mài, chúng mài mòn chậm hơn 7,5 lần so với thép hợp kim cứng BK15.

Ứng dụng: vật liệu làm răng giả, làm đĩa mài, băng mài, dũa, mũi đột, vòng găng, supap, xylanh, pittông, calip, khuôn chuốt dây, mũi khoan... (hình 6.2).

Dung dịch mạ kền chọn tùy theo yêu cầu của lớp hạt mài cần có, ví dụ có thể dùng dung dịch: $NiSO_4.7H_2O$ 300 – 350 g/l, $NiCl_2.6H_2O$ 35 – 50 g/l, H_3BO_3 20 – 30 g/l, nhiệt độ 45 – 50 °C, pH 1,2 – 1,3, i_c 5 – 10 A/dm^2 và hạt mài.

Khi mạ kền compozit chế tạo đĩa mài, băng mài..., dùng 2 – 4 g/l bột corundum số 150 – 180, làm răng giả dùng hạt mài số 120 – 160, mặt cần mạ của catot đặt hướng lên trên để hứng hạt mài. Sau khi nối điện, khuấy đục dung dịch bằng khí nén trong 2 ph, ngừng khuấy và mạ 10 – 15 ph, rồi lại mạ khuấy 2 ph và mạ tĩnh 10 – 15 ph, lặp lại nhiều lần như vậy, lúc kết thúc phải mạ tĩnh 10 ph trước khi ngừng.



Hình 6.2. Dụng cụ mài, dũa mạ compozit Ni – kim cương

Khi mạ kền compozit chế tạo mũi khoan, phải dùng bột kim cương cỡ hạt 400/315. Cách làm như sau: Thoạt tiên mạ crom, nung đến 1000 °C, lăn dính hạt kim cương, mạ kền dày 250 μm, nung lần hai ở 400 °C dưới áp suất 147 MPa (1500 kg/cm^2) để hạt mài khuếch tán vào Cr và Ni, tăng độ gắn, chắc.

Mạ Ni compozit cho nhiều trường hợp khác có thể tiến hành theo công nghệ sau đây. Dùng dung dịch gồm 300 g/l $NiCl_2.6H_2O$, 40 g/l H_3BO_3, 20 g/l cacbua volfram, 12 g/l bột bo vô định hình, cỡ hạt 1 – 3 μm, nhiệt độ 45 – 50 °C, pH 3 – 4, i_c 20 A/dm^2, khuấy từ. Lớp mạ thu được đem ủ chân không ở 1000°C trong 3 h và 1100 °C trong 1 ph. Lớp mạ có chứa 5,5% cacbua vonfram, 3,5% bo (theo trọng lượng), độ cứng và độ chịu mài mòn rất cao.

Mạ kền thành lưới, màng xốp

– Chế tạo lá kền mỏng 10 – 40 μm có lỗ xốp đến 50 – 70% diện tích lá kền, dùng làm túi lá cực lamel trong acquy kiềm. Cách làm: catot titan hay thép không gỉ phun cát (có kích thước bằng kích thước lỗ xốp) tạo lỗ lõm, tẩm vazelin, lau khô, mạ kền trong trong các dung dịch thông thường, bóc lá kền khỏi catot, ủ ở 500 – 600 °C trong chân không hay khí trơ để làm dẻo. Lá kền có nhiều lỗ xốp do các chỗ lõm của catot vẫn còn vazelin nên không được mạ.

– Chế tạo xúc tác kền có hoạt tính cao, tức có bề mặt rất phát triển. Cách làm: cho 75 – 150 g/l bột kền kim loại rất mịn (thường dùng dưới dạng cacbonil kền) vào dung dịch mạ kền thông thường, khuấy mạnh, mạ ở i_c 10 – 12 A/dm^2, 40 – 50 °C lên lưới kim loại.

– Chế tạo màng lọc bằng kền: cho 0,5 – 4% trọng lượng bột mịn polyetylen vào dung dịch mạ kền, khuấy mạnh, mạ lên catot titan hay thép không gỉ đã đánh bóng nhẵn, mạ xong bóc lớp kền ra, ủ ở 400 – 450 °C cho cháy hết chất hữu cơ để lại lỗ lọc.

– Chế tạo lưới kền: catot là ống thép không gỉ 0X18H10T, bề mặt có hình nổi của lưới (được chế tạo bằng phương pháp quang hóa, hiện hình, ăn mòn, lấp đầy lỗ bằng men chịu axit), mạ catot ống quay trong dung dịch gồm $NiSO_4.7H_2O$ 300 g/l, H_3BO_3 30 g/l, NaCl 45 g/l, nhiệt độ 65 – 75 °C, pH 2,5 – 3,5, i_c 7 – 8 A/dm^2, khuấy và lọc liên tục. Mạ và bóc lưới ra liên tục, do đó lưới có chiều dài vô hạn, chiều rộng bằng chiều dài ống catot. Chiều dày lưới khống chế bằng cách điều chỉnh tốc độ quay ống catot.

Bằng cách này có thể chế tạo ra lưới đồng hoặc giấy thiếc...

Mạ kền lên thép không gỉ

Lớp mạ gắn bám rất kém trên thép không gỉ. Để tăng độ gắn bám của lớp mạ trên thép không gỉ cũng như trên thép chịu axit, thép chịu nhiệt..., phải tiến hành như sau: tẩy dầu anot, rửa nóng, ngâm không điện trong dung dịch $NiCl.6H_2O$ 200 – 250 g/l, HCl 150 – 200 ml/l trong 1 h ở nhiệt độ phòng, sau đó nối điện để mạ kền trong dung dịch ấy với i_c 5 – 10 A/dm^2 trong 1 h, anot bằng kền, rửa, mạ kền tiếp trong dung dịch thông thường.

Mạ kền lên nhôm và hợp kim nhôm

– Cách 1: Tẩy bề mặt nhôm hay hợp kim nhôm theo bảng 3.9a hay 3.13, zincat hóa để có được lớp kẽm mỏng như đã nói ở mục 6.1.5, sau đó mạ Ni từ các dung dịch thông thường, độ gắn bám với nền khá cao.

– Cách 2: Tẩy trong NaOH 10 – 15% ở 60 – 70 °C từ 10 – 15 s đến 1 – 2 ph cho thật sạch, tẩy sáng trong HNO_3 15 – 20% trong 2 – 3 ph ở nhiệt độ phòng. Các hợp kim đặc biệt có cách tẩy riêng. Sau đó ngâm không điện 1 – 2 ph trong dung dịch sau rồi mới bắt đầu mạ: $NiSO_4.7H_2O$ 200 g/l, H_3BO_3 25 g/l, NaF 2 g/l, $K_2S_2O_8$ 2 g/l, nhiệt độ 50 °C, pH 4,5 – 5,4, i_c 1,0 – 1,5 A/dm², hiệu suất dòng điện 90 %. Anot kền lồng trong túi polypropylen. Chiều dày tối đa đến 30 μm, gắn bám tốt.

Mạ kền cho các kim loại khác

Mạ kền lên hợp kim magie và hợp kim kẽm đúc nhất thiết phải có lớp đồng lót như đã nói ở 6.1.5, sau đó mới mạ kền chồng lên.

Mạ kền lên titan và hợp kim titan khâu quan trọng cơ bản là chuẩn bị bề mặt trước khi mạ. Lớp oxit tự nhiên ngăn cản lớp mạ bám lên nền titan, tẩy bỏ chúng cũng rất khó khăn vì dễ tái sinh khi rửa chúng trong nước. Phải loại bỏ lớp oxit này bằng cách tẩy trong HCl đậm đặc (d = 1,19) 1 h ở nhiệt độ phòng. Cũng có thể tẩy bằng H_2SO_4 pha loãng với nước theo tỷ lệ thể tích 1 : 1 (ứng với nồng độ 60 – 65% theo trọng lượng), tẩy ở 80 – 90 °C trong 7 – 10 ph; khi đó tốc độ tẩy mòn khoảng 0,5 – 1,5 μm và tổng lượng hao mòn do tẩy khoảng 5 – 8 μm. Cần chú ý các điểm sau khi mạ Ni cho titan và hợp kim của chúng:

– Rửa sau khi tẩy phải thao tác thật nhanh chóng;

– Thành phần dung dịch và chế độ mạ phải chọn sao cho hydro phóng điện đồng thời một cách mạnh mẽ cùng với kim loại kết tủa (như Ni, Cr , Pt...).

Dung dịch mạ kền clorua cho titan và hợp kim titan cũng giống như dung dịch mạ cho thép không gỉ, sau đây là một loại dung dịch như vậy:

$NiCl_2.6H_2O$	240 – 250 g/l
HCl (1,19)	180 – 220 ml/l
Nhiệt độ	40 – 50 °C
Mật độ dòng điện i_c	5 – 6 A/dm²
Hiệu suất dòng điện H	50 – 60%

Làm đúng như trên, độ gắn bám của lớp mạ với nền có thể đạt đến 70 – 100 kg/cm² đối với lớp mạ dày 8 – 10 μm. Dung dịch và chế độ mạ này cũng được dùng để mạ Ni lên lớp mạ Cr mới, lên lớp mạ molipđen.

Mạ kền lên niobi: Tẩy bề mặt niobi trong hỗn hợp HNO_3 và HF (tỷ lệ 1 : 1), rửa và mạ kền trong dung dịch clorua với i_c = 20 – 60 A/dm² trong 20 – 30 s, sau đó chuyển sang dung dịch sunfat sau đây để mạ tiếp:

$NiSO_4.7H_2O$	350 – 400 g/l
H_2SO_4 (1,84)	5 – 15 ml/l
Nhiệt độ	70 – 75 °C
Mật độ dòng điện i_c	5 – 15 A/dm²

Có thể mạ dày đến 125 – 175 μm cho các chi tiết, phụ tùng làm việc ở 1100 °C.

Mạ kền cho bản kẽm, phù điêu kẽm

Tẩy dầu mỡ bằng bàn chải hay chổi sơn tẩm hỗn hợp gồm 90 g thuốc đánh răng và 2 g NaOH (loại chảy lỏng) trộn đều thành bột nhão.

Rửa và cọ bằng bàn chải trong nước nóng.

Rửa lại trong nước lạnh chảy.

Hoạt hóa 5 s trong H_2SO_4 5% ở nhiệt độ phòng.

Rửa lại trong nước lạnh chảy.

Mạ kền trong dung dịch và chế độ mạ sau:

$NiSO_4.7H_2O$	180 g/l
NH_4Cl	5 – 25 g/l
$Na_2SO_4.10H_2O$	100 – 150 g/l
Natri xitrat $Na_3C_6H_5O_7$	10 – 80 g/l
Nhiệt độ	phòng
pH	5 – 6
i_c	2 A/dm^2

Mạ dày khoảng 3 – 4 μm, độ cứng bề mặt khoảng 4410 MPa (450 kg/mm^2).

Có thể thêm chất bóng để mạ bóng hay bán bóng.

Mạ kền lên gốm sứ, thủy tinh

Trát lớp mỏng bột nhão chứa molipđen – mangan nhào trộn với hexametanol; hong khô trong không khí và trong bình ổn nhiệt; ủ trong lò hydro ở 1300 – 1400 °C để khử thành phần trong bột nhão thành lớp dẫn điện trên bề mặt thủy tinh; lắp lên giá treo và tẩy dầu mỡ bằng cách nhúng vào axeton; hoạt hóa catot trong HCl 1 : 1 ở 15 – 25 °C trong 20 – 30 s với i_c = 1 – 2 A/dm^2, anot – grafit; rửa trong nước lạnh chảy; nối điện và mạ kền trong dung dịch thông thường; lớp mạ không nên dày quá 5 μm, sau đó có thể mạ tiếp các kim loại khác lên nếu muốn.

Mạ kền cho vật bằng bột sắt nén kết

Vật có độ xốp đến 40 – 70% được mạ theo quy trình thông thường, riêng khâu tẩy dầu điện hóa chỉ tẩy anot trong dung dịch Na_2CO_3 75 g/l, Na_3PO_4 75 g/l, chất nhũ hóa sunfanal 1 – 3 g/l, nhiệt độ phòng, i_c 4 – 5 A/dm^2, thời gian 15 – 20 ph.

Cần rửa kỹ và lâu trong nước. Nên mạ Ni bóng dày đến 10 – 15 μm.

Mạ kền trong siêu âm

Mạ cho các vật trung bình và nhỏ. Siêu âm có tác dụng tăng mật độ dòng điện i_c, lớp mạ không có lỗ xốp, ngay khi dày đến 9 – 12 μm, lớp mạ dễ bóng. Có thể dùng dung dịch mạ và chế độ mạ sau:

$NiSO_4.7H_2O$	300 – 350 g/l
$NiCl_2.6H_2O$	25 – 30 g/l
NaCl	2 – 5 g/l
H_3BO_3	30 – 40 g/l
Nhiệt độ	phòng
pH	4,5 – 5,4

Bể mạ đặt trong trường siêu âm có tần số dao động trong giới hạn từ 15 – 20 đến 40 – 50 kHz, cường độ siêu âm 0,3 – 0,5 W/cm², diện tích mạ và công suất thể tích 1 – 3 W/lít, khi đó có thể dùng i_c đến 35 – 40 A/dm². Anot kền tan nhanh, sinh mùn anot, cần bao anot bằng vải polypropylen.

6.2.5. Hoàn thiện lớp mạ kền

Oxy hóa lớp mạ kền

Lớp mạ kền 10 – 15 μm nung ở 900 °C trong 1 h, trên mặt ngoài sẽ sinh ra lớp NiO dày 5 – 7 μm có màu xanh và chịu nhiệt đến 1980 °C. Tỷ trọng riêng của NiO lớn hơn của Ni, tức có sự tăng thể tích nên đã lấp kín các lỗ thủng, châm kim, lỗ xốp của lớp mạ Ni ban đầu, làm tăng tính bảo vệ chống ăn mòn. Khi nung ở 900 °C còn tạo ra lớp khuếch tán NiFe tại chỗ tiếp giáp giữa Ni và nền Fe, làm tăng độ gắn bám lên rất nhiều.

Lớp NiO cách điện, chịu được điện thế 10 – 15 V, đủ để khắc phục được hiện tượng ăn mòn điện hóa.

Nhuộm màu cho kim loại từ dung dịch mạ kền

Kim loại được mạ đồng hay kền rồi nhuộm màu trong dung dịch sau:

$NiCl_2.6H_2O$	50 – 100 g/l
NH_4Cl	30 – 60 g/l
Tioure $CS(NH_2)_2$	15 – 30 g/l
Nhiệt độ	phòng
pH	4,5 – 5,5
i_c	0,02 – 0,2 A/dm²
Anot	kền tấm

Thời gian nhuộm tùy thuộc vào màu sắc muốn có, thường dao động từ 5 – 15 ph. Nhuộm xong rửa sạch, sấy khô, sơn không màu.

Thụ động lớp mạ kền

Mạ xong thụ động trong dung dịch $K_2Cr_2O_7$ 120 – 130 g/l ở 85 – 95 °C trong hơn 10 ph, rửa, sấy. Kim loại nền trong các lỗ thủng, lỗ xốp được thụ động nên lớp mạ sẽ bảo vệ tốt hơn. Sau khi mạ Cr lên Ni cũng có thể thụ động như vậy để tăng khả năng bảo vệ.

6.2.6. Bóc lớp mạ kền hỏng

– Hòa tan anot trong H_2SO_4 có d = 1,6 ở 15 – 25 °C với i_a = 5 –10 A/dm². Catot chì. Lớp đồng lót không tan theo. Nồng độ axit loãng hơn thì nền sắt thép cũng bị tan.

– Hòa tan anot trong H_2SO_4 có d = 1,74 và glyxerin 10 g/l ở nhiệt độ phòng với i_a = 3 – 8 A/dm². Catot chì. Dùng để bóc lớp Ni trên thép, đồng, đồng thau. Có thể dùng dòng xoay chiều.

– Hòa tan anot lớp Ni trên vật bằng hợp kim kẽm đúc dưới áp suất dùng dung dịch H_2SO_4 50% ở 65 °C với i_a = 3 – 6 A/dm².

– Hòa tan anot trong $NaNO_3$ 300 – 400 g/l ở nhiệt độ phòng với i_a = 5 – 10 A/dm², catot chì. Lớp đồng lót cũng bị tan theo.

– Hòa tan hóa học lớp Ni trên đồng, hợp kim đồng dùng Udystrip 456 (của hãng Enthone OMI Singapore) pha với H_2SO_4;

– Hòa tan hóa học Ni trên thép dùng Udystrip 402 pha với NaCN.

Chương 7
MẠ CROM, MẠ SẮT

7.1. MẠ CROM

Crom, ký hiệu Cr, loại điện giải có màu trắng bạc, ánh xanh. Trọng lượng nguyên tử 52,01, trọng lượng riêng γ = 6,9 – 7,1; nhiệt độ nóng chảy 1750 – 1800 °C. Đương lượng điện hóa của Cr^{6+} là $\ni$ = 0,323 g/Ah, điện thế tiêu chuẩn của Cr/Cr^{2+} là –0,56 V, của Cr^{2+}/Cr^{3+} là –0,41 V, của Cr/Cr^{3+} là –0,74 V, của Cr^{3+}/Cr^{6+} là +1,3 V. Crom điện giải có nhiều tính chất hóa lý quý giá nên được dùng nhiều trong công nghiệp. Độ cứng của crom điện giải có thể đạt đến 9,8 – 10,78 GPa (1000 – 1100 kg/mm^2), vượt xa độ cứng của các loại thép tôi. Crom lại có hệ số ma sát bé, chịu nhiệt độ cao.

Crom không bị ăn mòn trong axit nitric và axit sunfuric loãng, nhưng ăn mòn nhanh trong axit clohydric. Trong không khí, dưới tác dụng của các chất oxy hóa, crom bị thụ động vì tạo thành màng oxit trong suốt, rất kín, làm cho crom trở nên dương hơn và lớp mạ trở thành lớp mạ catot đối với nền sắt, thép, kền...

Lớp mạ crom có màu trắng xanh rất đẹp và giữ được tính chất này đến 450 – 500 °C. Lớp mạ crom bóng có độ phản xạ ánh sáng rất lớn (70%), gần bằng bạc bóng (95%), nhưng bền hơn.

Thường mạ crom rất mỏng trên lớp kền bóng để bảo vệ – trang sức cho các chi tiết bằng thép của ô tô, môtô, xe đạp, dụng cụ y tế, dụng cụ gia đình... Mạ crom dày được dùng để chống mài mòn, tăng độ bền cho các chi tiết, phụ tùng làm việc mạ sát hoặc để phục hồi kích thước cho các phụ tùng quý, đắt đã bị mòn.

Chiều dày (μm) lớp mạ crom thường chọn như sau:

Mạ crom trang sức – bảo vệ trên lớp mạ kền	0,3 – 1
Mạ crom trang sức – bảo vệ trực tiếp trên hợp kim đồng	3 – 8
Mạ crom tăng bền cho dụng cụ cắt gọt	3 – 8
Mạ tăng bền cho khuôn ép chất dẻo, thủy tinh	10 – 60
Mạ crom cho các dưỡng đo	2 – 20
Mạ crom phục hồi kích thước cho các phụ tùng đã bị mòn	500

7.1.1. Chuẩn bị bề mặt trước khi mạ crom dày

- Mài, đánh bóng, bịt lỗ, cách điện...
- Rửa bằng dung môi hữu cơ.
- Tẩy dầu mỡ hóa học.
- Lắp lên giá treo.
- Tẩy dầu mỡ điện hoá.
- Rửa nước nóng rồi nước lạnh.
- Tẩy nhẹ.
- Mạ crom.

Rửa sạch dầu mỡ bằng dung môi hữu cơ (xem mục 3.1) cho hết dầu mỡ, thuốc mài, thuốc đánh bóng trong khe, lỗ, rãnh... Cách điện những chỗ không cần mạ bằng các vật liệu: chất dẻo, ống nhựa clovinyl, sơn peclovinyl... Bịt kín các lỗ, khe, rãnh... bằng chì, lá nhôm, celluloid... để lớp mạ không bị lỏi quanh mép của chúng.

Mắc vật mạ lên giá treo phải chặt, đủ thưa, không chồng chéo, che khuất nhau. Khoảng cách giữa anot đến các phần của catot phải đều nhau. Dây dẫn, giá treo, tiếp điểm phải lớn, vững chắc, đảm bảo cho dòng điện lớn đi qua mà không bị nóng lên (xem mục 13.7 và 17.3).

Khả năng phân bố của dung dịch mạ crom rất kém nên muốn có lớp mạ dày đều trên vật mạ phải áp dụng các biện pháp hỗ trợ: anot phụ, catot phụ, vật che chắn... để điều chỉnh lại phân bố dòng điện đến bề mặt cần mạ được đồng đều hơn (xem mục 1.13).

Tẩy dầu mỡ điện hóa sau khi lắp lên giá treo để bề mặt được làm sạch triệt để hơn. Các vật mảnh, các vật đàn hồi... sau khi tẩy điện hóa và mạ crom sẽ thấm nhiều hydro nên sẽ giòn hơn, nếu cần giảm độ giòn phải ủ nhiệt. Các chất cách điện nếu không chịu được môi trường kiềm của dung dịch tẩy dầu mỡ thì phải cách điện sau khi tẩy hoặc tẩy bằng sữa vôi.

Tẩy nhẹ để hoạt hóa bề mặt trước khi mạ crom dày lên thép, gang có thể tiến hành ngay trong bể mạ crom bằng cách ngâm không điện cho vật nóng lên rồi đảo cực cho vật mạ thành anot trong 20 – 30 s, sau đó đảo cực lại thành catot để mạ crom lên. Mật độ dòng điện lúc phân cực anot là 25 – 40 A/dm^2.

Tẩy nhẹ cho gang silic phải dùng axit HF 5% chảy trong 2 – 4 ph, sau đó phải rửa và cọ sạch mùn.

Mạ crom mỏng lên lớp kền bóng mới mạ đơn giản hơn, chỉ cần rửa sạch vật vừa mạ kền rồi mạ crom ngay.

7.1.2. Các dung dịch mạ crom

Mạ crom có thể tiến hành trong các dung dịch sunfat (1), tự điều chỉnh (2), tetracromat (3) và florua (4) như trong bảng 7.1.

Bảng 7.1. Các dung dịch mạ crom

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*	*Dung dịch 3*	*Dung dịch 4*
CrO_3	150 – 250	250 – 300	350 – 400	280 – 300
H_2SO_4	1,5 – 2,5	–	2,5 – 3	–
Nồng độ Cr^{3+}	3 – 6	3 – 10	10 – 15	–
$SrSO_4$	–	6	–	–
K_2SiF_6	–	20	–	–
NaOH	–	–	40 – 60	–
NH_4F	–	–	–	0,2 – 0,3
Nhiệt độ, °C	45 – 60	55 – 60	15 – 30	15 – 25
i_a, A/dm²	12 – 55	40 – 70	10 – 60	50 – 100
H, %	12 – 15	18 – 20	20 – 30	–
Tỷ lệ CrO_3/H_2SO_4	100/1	–	230/1 – 200/1	–
Tỷ lệ các cực S_a/S_c	1/1 – 2/1	1/1 – 2/1	1/1 – 2/1	–
Tốc độ mạ, μm/ph	0,15 – 0,60	0,40 – 0,75	0,15 – 0,90	–

Anot: chì, hợp kim Pb – Sb (6 – 8%), tốt nhất là Pb – Sn (4 – 6%).

Điện thế nguồn: 6 – 12 V.

Nồng độ Cr^{3+} do mạ xử lý mạ có.

Bể mạ crom phải lót chì chống ăn mòn và nhất thiết phải trang bị hệ thống hút khí chống độc hại.

Dung dịch 1 dùng cho mọi loại lớp mạ: trang sức, crom cứng, crom xốp bằng cách thay đổi chế độ mạ như sau:

Mạ Cr bóng bảo vệ – trang sức	48 – 50 °C	15 – 25 A/dm²
Mạ Cr cứng chịu mài mòn, phụ tải lớn	54 – 56 °C	30 – 50 A/dm²
Mạ Cr cứng cần độ dày > 5 μm	66 – 68 °C	80 – 100 A/dm²
Mạ Cr sữa chịu mài mòn và ăn mòn	69 – 72 °C	25 – 35 A/dm²
Mạ Cr bóng và dày	50 °C	40 – 50 A/dm²

Có thể cho vào dung dịch chất giảm sức căng bề mặt, chất chống tạo mù...

Để có lớp crom vi nứt (xem mục 4.3 và 6.2.3) cần mạ dày 0,8 – 1,0 μm từ dung dịch này.

Để có lớp crom vi xốp (xem mục 4.3 và 6.2.3) chỉ cần mạ crom dày trên 0,3 μm từ dung dịch này trên lớp kền composit.

Dung dịch 2 là dung dịch tự điều chỉnh nồng độ ion lạ (xúc tác) đến tỷ lệ thích hợp bằng cách dùng dư các muối khó tan stronti sunfat và kali flosilicat. Dung dịch có hiệu suất dòng điện cao, khả năng phân bố tốt, dùng mạ trang sức – bảo vệ hoặc mạ chống mài mòn. Tính xâm thực của dung dịch mạnh.

Dung dịch 3 là dung dịch tetracromat có khả năng phân bố cao hơn cả, hiệu suất dòng điện cao, mạ được ở nhiệt độ thấp, cho lớp mạ mờ nhưng dễ đánh bóng cơ, độ cứng thấp; dùng để mạ bảo vệ – trang sức.

Dung dịch 4 để mạ bảo vệ – trang sức cho các vật nhỏ trong thùng quay, thời gian mạ 1 – 2 ph.

Nồng độ CrO_3 trong dung dịch có thể xác định bằng tỷ trọng kế theo bảng 7.2.

Bảng 7.2. Xác định nồng độ CrO_3 theo trọng lượng riêng của dung dịch

Trọng lượng riêng ở 15 °C	*Độ Bômê °Bé*	*Nồng độ CrO_3, g/l*	*Trọng lượng riêng ở 15 °C*	*Độ Bômê °Bé*	*Nồng độ CrO_3, g/l*
1.01	–	15	1,18	22,3	257
1,02	–	29	1,19	23,2	272
1,03	–	43	1,20	24,0	288
1,04	–	57	1,21	25,4	301
1,05	–	71	1,22	26.4	316
1,06	–	85	1,23	27,0	330
1,07	–	100	1,24	28,0	345
1,08	–	114	1,25	29,0	360
1,09	–	129	1,26	30,0	375
1,10	14,0	143	1,27	31,0	390
1,11	14,5	157	1,28	–	406
1,12	15,5	171	1,29	–	420
1,13	16,5	185	1,30	–	438
1,14	18,0	200	1,31	–	453
1,15	19,0	215	1,32	–	468
1,16	20,0	229	1,33	–	484
1,17	21,0	243	1,34	–	500

Tốc độ mạ crom tính theo công thức 5.1 hay tra bảng 7.3.

Bảng 7.3. Tốc độ mạ crom (μm/h)

Mật độ dòng điện, A/dm²	*Hiệu suất dòng điện H, %*				
	13	*15*	*18*	*20*	*22*
10	6,1	7,0	8,4	9,4	10,4
15	9,1	10,5	12,6	14,1	15,6
20	12,2	14,0	16,8	18,8	20,8
30	18,3	21,0	25,2	28,2	31,2
50	30,5	35,0	42,0	47,0	52,0
80	48,8	56,0	67,3	75,2	83,2
100	61,0	70,0	84,0	94,0	104

Dung dịch mạ crom hóa trị ba

Hiện nay đã có bán các loại hóa phẩm chuyên dụng để mạ crom trang sức – bảo vệ từ Cr^{3+} của nhiều hãng hóa chất khác nhau. Các hóa phẩm đó có tên như sau: Trichrom Plus, Trichrom white, Enthone, HO, MacDemid, Schloetter... Dưới đây là quá trình mạ crom từ hợp chất Cr^{3+} của hãng Enthone được giới thiệu là khá tốt:

Hóa phẩm được đặt tên là Tricrolyte IV, chuyên dùng để mạ lớp crom ngoài cùng của hệ mạ trang sức – bảo vệ gồm nhiều lớp. Khả năng phủ kín tốt, hiệu suất dòng điện catot cao, các bước chuẩn bị mạ và hoàn thiện sau cùng giống như đã làm khi mạ trong dung dịch axit cromic.

Thành phần dung dịch mạ gồm các hóa phẩm có tên thương mại như sau:

Tricrolyte Additive CR:	bổ sung Cr^{3+} đã tiêu thụ trong khi mạ,
Tricrolyte complexor:	tạo phức và ổn định phức với Cr^{3+},
Tricrolyte IV Maintenance Salt:	tăng độ dẫn điện cho dung dịch,
Non Pitter 62A:	tăng độ bóng và khả năng phân bố,

Axit Acetic special: để phát hiện lượng tạp chất quá mức cho phép,

Elpelyt Carrier H: giữ độ dày đồng đều và ổn định màu sắc lớp mạ.

Điều kiện vận hành:

Nhiệt độ dung dịch	27 ^{0}C
Mật độ dòng điện catot D_c	10 A/dm^2
Mật độ dòng điện anot D_a	7,5 A/dm^2
Điện thế yêu cầu	15 V
pH dung dịch	2,7

Dùng NH_4OH đặc và HCl 30% để điều chỉnh pH dung dịch trong quá trình mạ. Khi pH < 2,6 sẽ không có lớp mạ tại vùng mật độ dòng điện thấp, tuy tốc độ mạ vẫn tăng. Còn khi pH > 3,2 độ phủ kín của lớp mạ bị giảm, tốc độ mạ thấp. Anot bằng grafit có diện tích gấp đôi catot, mật độ dòng điện anot tối đa 18 A/dm^2. Khi mạ cần khuấy dung dịch hoặc sục khí để phân bố kim loại được đồng đều. Cần lọc dung dịch liên tục qua than hoạt tính trong suốt quá trình điện phân. Phải có trang thiết bị làm lạnh dung dịch, đảm bảo nhiệt độ không vượt quá 27 ^{0}C. Vẫn phải có hệ thống thông gió tại miệng bể để hút khí clo thoát ra trên anot, nhất là khi dùng mật độ dòng điện anot lớn, nhiệt độ cao và nồng độ tricrolyte IV maintenance thấp.

Pha chế và điều chỉnh dung dịch

Dung dịch 1 (bảng 7.1) pha bằng cách cân và đập vụn CrO_3 rồi cho vào bể, đổ nước đến thể tích đã dự định, khuấy cho tan hết. Nếu dùng nước nóng 60 – 80 ^oC hòa tan sẽ nhanh hơn. Nước phải dùng loại có độ cứng thấp và chứa ít sắt như nước cất hay nước qua trao đổi ion... Hòa tan xong kiểm tra sơ bộ nồng độ bằng tỷ trọng kế rồi tra bảng 7.2 để biết nồng độ CrO_3. Trong hóa chất CrO_3 luôn có lẫn một ít H_2SO_4 nên khi bổ sung H_2SO_4 phải trừ đi để đảm bảo tỷ lệ H_2SO_4/CrO_3 = 1/100 trong dung dịch được chính xác. Sau khi phân tích hóa học, điều chỉnh lại nồng độ các chất cho chính xác hơn.

Dung dịch tự điều chỉnh sau khi hòa tan CrO_3 bằng nước sạch như trên đem $SrSO_4$ và K_2SiF_6 hòa tan vào nước sạch, khuấy kỹ và lâu rồi đổ chung vào bể mạ, kể cả phần chưa tan hết. Xử lý bằng dòng điện với i_c 4 – 6 A/dm^2 trong 4 – 5 h ở 45 – 60 °C, diện tích catot phải lớn gấp 2 – 3 lần diện tích anot.

Dung dịch tetracromat, đầu tiên hòa tan CrO_3 rồi phân tích xác định nồng độ ion sunfat (lẫn từ hóa chất CrO_3 vào). Hòa tan riêng NaOH rồi rót từ từ vào dung dịch CrO_3, khuấy đều. Sau khi dung dịch đã nguội bổ sung lượng ion sunfat còn thiếu. Để có lượng ion Cr^{3+} cần thiết, cho thêm vào dung dịch 1 g/l đường kính, khuấy đều, không cần xử lý điện.

Dung dịch 4 pha chế không có gì đặc biệt.

Điều chỉnh dung dịch

– Thừa ion sunfat phải kết tủa bớt bằng bari cacbonat, để giảm 1 g/l H_2SO_4 cần 2,2 g $BaCO_3$;

Bảng 7.4. Sự cố trong mạ crom, nguyên nhân và cách khắc phục

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Không có lớp mạ crom	1. Tiếp điện cho vật mạ hay cho anot xấu. Chữa lại. 2. Vật mạ che khuất lẫn nhau. Kiểm tra và khắc phục. 3. Mật độ dòng điện quá bé. Tăng i_c lên đúng quy định. 4. Nhiệt độ dung dịch quá cao. Tăng thêm nhiệt độ. 5. Nồng độ H_2SO_4 quá cao. Dùng 2,2g $BaCO_3$ cho 1 lít dung dịch sẽ kết tủa được 1 g/l H_2SO_4. 5. Lẫn nhiều tạp chất axetat, photphat, nitrat. 6. Chuẩn bị bề mặt vật mạ chưa tốt. Cần khắc phục.
Chỗ hơi lõm đã không có lớp mạ crom	1. Thừa ion SO_4^{2-}. Kết tủa bớt bằng $BaCO_3$. 2. Tạp chất sắt > 8 g/l. Thay mới một phần dung dịch. 3. Anot, móc treo không tiếp điện. Kiểm tra và khắc phục. 4. H_2 đọng thành bọt to. Thay đổi vị trí treo vật mạ. 5. Nồng độ H_2SO_4 quá thấp. Kiểm tra và chỉnh lại. 6. Mật độ dòng điện thấp – Tăng i_c lên đúng quy định. 7. Chuẩn bị bề mặt vật mạ chưa tốt. Cần khắc phục.
Lớp mạ có lấm tấm nâu, xám	1. Thiếu H_2SO_4. Bổ sung. 2. Lẫn nhiều Fe^{3+} trong dung dịch. Tăng S_a lên. 3. Nồng độ Cr^{3+} quá lớn . Mạ xử lý với $S_a = 2S_c$. 4. Bề mặt nền tẩy rửa chưa tốt. Kiểm tra và khắc phục. 5. Dung dịch bị khuấy trộn bằng không khí. Đừng khuấy trộn dung dịch.

Lớp mạ chỗ "cháy" chỗ không mạ	1. Anot bị phủ lớp chì cromat kém dẫn điện. Dùng bàn chải sắt cọ sạch anot rồi tẩy rửa sạch; 2. Nhiệt độ quá thấp. Tăng lên đến 55 – 60 °C; 3. Mật độ dòng điện quá cao. Giảm bớt. 4. Che chắn catot không đúng. Kiểm tra và khắc phục; 5. Nồng độ CrO_3 quá thấp. Kiểm tra và bổ sung.
Lớp mạ xám ở phần trên (cao)	Vật mạ treo cao quá gần mặt thoáng dung dịch, treo lại sâu hơn.
Lớp mạ xám ở phần dưới (thấp)	Vật mạ treo sát đáy bể quá. Treo lại cao hơn.
Điện thế bể mạ lớn không bình thường	Anot có lớp màng dày che phủ. Cần cạo sạch bằng bàn chải sắt.
Lớp mạ bị tối, khó mạ crom, chì bị hòa tan	Lẫn tạp chất HNO_3. Kết tủa NO_3 bằng $BaCO_3$ rồi mạ xử lý 4 – 5 h với i_c lớn, nếu không được phải thay mới dung dịch.
Nồng độ Cr^{3+} tăng nhanh	Diện tích anot quá bé. Cần tăng diện tích anot hoặc giảm diện tích catot.
Lớp mạ bị xám, khó đánh bóng cơ học	Thiếu CrO_3. Bổ sung. Mật độ dòng điện quá lớn. Giảm bớt. Dung dịch bị vẩn đục. Cần lắng dung dịch. Thừa nhiều Cr^{3+}. Mạ xử lý để giảm bớt. Thiếu H_2SO_4. Bổ sung.
Mạ ăn chậm, khó đạt chiều dày mong muốn	1. Mật độ dòng điện quá thấp. Tăng i_c; kiểm tra lại ampemet và dụng cụ đo chiều dày. 2. Mạ chưa đủ thời gian. Xem lại thời gian mạ. 3. Chỉ mạ lên giá treo, vật chắn. Kiểm tra và khắc phục. 4. Máy chỉnh lưu nắn dòng chưa phẳng. Kiểm tra lại. 5. CrO_3 quá cao hoặc quá thấp hay H_2SO_4 quá cao. Phân tích dung dịch và điều chỉnh lại.
Lớp crom loang lổ, ăn mạ không đều, lớp mạ mỏng	1. Lớp kền bị oxy hóa do để quá lâu mới mạ crom. Tẩy lớp Ni lót trong HCl 5%. 2. Vật mạ chưa đủ nóng. Ngâm không điện vật mạ trong bể một lúc rồi mới mạ. 3. Mất điện trong khi mạ. Khắc phục. 4. Nồng độ chất bóng trong bể mạ Ni trước đó quá lớn. Ngừng thêm chất bóng cho bể mạ Ni. 5. Nồng độ Cl^- trong bể crom quá cao. Kết tủa bớt bằng Ag_2CO_3. 6. Tổng lượng tạp chất Fe+Cu+Zn+Ni quá lớn. Pha loãng.

	7. Nồng độ H_2SO_4 quá lớn. Phân tích và chỉnh lại. 8. Nồng độ Cr^{3+} quá cao. Làm sạch anot rồi điện phân với i_c lớn và i_a bé.
Lớp mạ kền bị bong sau khi mạ crom	1. Bề mặt nền Fe tẩy rửa chưa sạch. Cần cải thiện tẩy rửa. 2. Lớp mạ Ni quá giòn. Cải thiện lại mạ kền. 3. Khi mạ Ni dòng điện bị ngắt quãng. Cần khắc phục. 4. Nền đã mạ nhưng chưa loại hết lớp mạ cũ. Khắc phục. 5. Nền là hợp kim cao crom hoặc thép không gỉ. Thay nền khác hoặc phải mạ lót đúng quy cách.
Lớp mạ mờ, trắng sữa	1. Nhiệt độ quá cao. Chỉnh lại đến 55 – 60 °C. 2. Nồng độ CrO_3 quá thấp hoặc quá cao. Kiểm tra, điều chỉnh lại. 3. Lớp mạ Ni để lâu mới mạ Cr lên. Cần mạ Cr ngay. 4. Ni mạ trong bể có nồng độ chất bóng quá lớn. 5. Vật mạ bị lưỡng cực hóa vào thời điểm vớt khỏi bể Ni và bắt đầu đưa vào bể Cr. Tiếp điện liên tục cho vật mạ lúc ngập trong dung dịch. 6. Nền không sạch. Tẩy rửa tốt hơn. 7. Tạp chất hữu cơ trong bể Ni quá lớn. Xử lý bể Ni. 8. Nồng độ H_2SO_4 quá thấp. Bổ sung.
Nền đồng bị ăn mòn trong bể mạ crom	Lẫn tạp chất Cl^-. Kết tủa Cl^- bằng Ag_2CO_3 (chỉ dùng nước không có Cl^- để pha chế dung dịch).
Các chỗ lồi, góc, cạnh lớp mạ quá dày	Chưa có biện pháp che chắn hay sử dụng cực phụ. Cần khắc phục.
Mặt trong, mặt hướng xuống dưới không có lớp mạ	1. Không dùng anot phụ cho vật có lỗ hay vật hình ống. Cần sử dụng anot phụ đúng cách. 2. Khí hydro đọng thành bọng không thoát lên được. Treo vật mạ lại tốt hơn.
Lớp mạ bị rỗ lớn	Nền có nhiều lỗ rỗ sâu. Mài nền đến hết lỗ.

– Nồng độ Cr^{3+} lớn quá 10 g/l phải giảm bớt bằng cách mạ xử lý với S_a = (2 – 2,5)S_c.

– Khi Fe = 7 – 8 g/l, điện thế bể phải trên 12 V mới mạ được. Khi tạp chất sắt trong dung dịch lớn hơn 10 g/l phải thay mới một phần dung dịch.

Nồng độ CrO_3 càng nhỏ, dung dịch càng nhạy với tạp chất. Tổng nồng độ tạp chất kim loại lên đến 20 – 25 g/l phải thay mới dung dịch mạ crom, vì lúc đó màu sắc và độ bóng lớp mạ không đồng nhất và không thể mạ dày được.

– Tăng nồng độ CrO_3 cho dung dịch bị nhiễm nhiều tạp chất kim loại để giảm độ nhạy cảm của nó với tạp chất là không nên, vì chỉ sau một thời gian ngắn dung dịch lại trục trặc như cũ và càng khó khắc phục hơn.

– Tạp chất Cl^- trên 50 mg/l sẽ làm giảm khả năng phân bố bể Cr. Để kết tủa 1 g Cl^- cần khuấy mạnh với 4 g Ag_2CO_3 (pha thành hồ nhão với nước nóng).

Sự cố, nguyên nhân và cách chữa trong mạ crom trình bày trong bảng 7.4 và 7.5.

Bảng 7.5. Sự cố trong dung dịch tetracromat

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Cạnh, mép vật mạ bị "cháy"	1. Mật độ dòng điện quá lớn. Giảm bớt. 2. Nồng độ SO_4^{2-} lớn. Kết tủa bớt bằng $BaCO_3$. 3. Nồng độ CrO_3 bé còn NaOH lớn. Cần thêm CrO_3. 4. Nồng độ Cr^{3+} lớn. Cần mạ xử lý với S_a lớn hơn S_c.
Không có lớp mạ	1. Mật độ dòng điện quá bé. Tăng i_c lên. 2. Tiếp điện vào vật mạ hay anot xấu. Khắc phục.
Lớp mạ bị xám, tối	1. Thiếu H_2SO_4. Bổ sung. 2. Nồng độ Cr^{3+} lớn quá. Mạ xử lý như trên.
Lớp mạ cứng, khó đánh bóng	1. Nhiệt độ dung dịch cao quá. Hạ xuống. 2. CrO_3 lớn > 400 g/l hoặc nhỏ < 80 g/l. Chỉnh lại.
Lớp mạ bị lỏi	1. Mật độ dòng điện quá bé. Tăng i_c lên. 2. Nồng độ CrO_3 quá bé. Bổ sung.

Hiện nay đã phát minh ra nhiều loại dung dịch mạ crom mới như dung dịch xúc tác hỗn hợp tự điều chỉnh (hoặc không tự điều chỉnh), dung dịch không xâm thực, tốc độ cao, dung dịch xúc tác hỗn hợp, không nứt, tự điều chỉnh..., chúng có nhiều ưu điểm vượt trội. Các dung dịch này được các hãng hóa chất sản xuất và cung cấp dưới dạng chế phẩm tổng hợp. Bảng 7.6 trình bày các đặc điểm của các loại dung dịch này.

Bảng 7.6. Hiệu suất dòng điện của các dung dịch mạ crom hiện đại

Dung dịch	*Nhiệt độ, ^0C*	*CrO_3, g/l*	*Mật độ dòng điện catot, A/dm²*					
			15	*30*	*45*	*60*	*75*	*90*
Axit cromic	52	260	10	12	14	15	16	–
Sunfat	68		7	8	10	11	12	–
Xúc tác sunfat	54	260	11	13	15	16	17	–
(tự điệu chỉnh)	68		8	9	11	12	13	–
Xúc tác hỗn hợp	54	250	15	20	23	25	–	–
(tự điều chỉnh)	66		13	19	21	23	–	–

Xúc tác hỗn hợp (không tự điều chỉnh)	54 66	300	15 13	21 20	24 22	26 24	27 25	28 27
Không xâm thực. Tốc độ cao	56 75	260	17 –	22 –	24 –	25 –	26 27	– 28
Xúc tác hỗn hợp. Không nứt (tự điều chỉnh)	66	275	7	8	10	13	15	–

Dung dịch dùng xúc tác hỗn hợp tự điêu chỉnh hoặc không tự điều chỉnh cho hiệu suất dòng điện cao hơn cả và lớn hơn dung dịch vạn năng từ 50 đến 70%, nhưng nếu mạ ở nhiệt độ cao trên 66 ^{0}C còn lớn hơn nữa, từ 85 đến 150%.

Riêng dung dịch xúc tác hỗn hợp không tự điều chỉnh và dung dịch không xâm thực mạ nhanh, cho hiệu suất dòng điện cao nhất, có thể lên đến 28%.

Nếu dùng dung dịch tự điều chỉnh trong một bể mạ được thiết kế đặc biệt có thể quay vật mạ với tốc độ đủ lớn hoặc phun dung dịch chảy xiết trên bề mặt mạ với tốc độ từ 1 – 5 m/s, lúc đó sẽ nâng được D_c lên đến 1000 A/dm^2, hiệu suất dòng điện đạt 50% mà vẫn cho chất lượng mạ ống thép, cho quay rất nhanh trong dung dịch với tốc độ dài 1,5 m/s, để mạ crom dày 125 – 150 μm chỉ mất 10 phút.

7.1.3. Các lớp mạ crom đặc biệt

Mạ crom xốp: Lớp crom xốp có nhiều lỗ, rãnh chứa dầu mỡ nên bôi trơn tốt cho các chi tiết làm việc ma sát như xylanh, vòng găng piston...

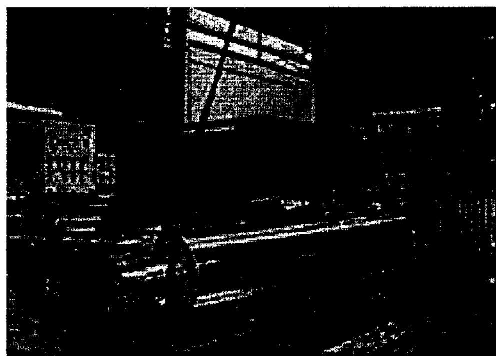
Sau khi mạ crom trong dung dịch 1 ở bảng 7.1, đảo cực để hòa tan anot một phần lớp mạ ngay trong bể mạ crom, khi đó các vết nứt, lỗ xốp sẵn có sẽ ưu tiên hòa tan thành rãnh xốp, lỗ xốp to hơn có tác dụng chứa dầu mỡ. Trường hợp chi tiết cần có khích thước chính xác thì sau khi mạ crom dày phải gia công cơ khí (mài, rà, doa...) có độ dôi thích hợp rồi mới hòa tan anot để tạo xốp. Vòng găng pittông thường không cần gia công cơ, mạ crom xong tạo xốp ngay, xylanh mạ crom xong phải gia công cơ rồi mới tạo xốp.

Lớp crom xốp gồm hai phần: phần dưới kín, phần mặt xốp.

Phần kín mạ theo chế độ i_c = 80 – 100 A/dm^2, t = 65 – 75 °C.

Phần xốp muốn có dạng rãnh thì mạ ở i_c = 60 A/dm^2, t = 60 – 65 °C; muốn có dạng xốp điểm mạ ở i_c = 50 A/dm^2, t = 50 – 52 °C. Yếu tố nhiệt độ quyết định dạng xốp nên không được phép dao động quá ±1 °C; chiều dày phần xốp khoảng 100 μm.

Tạo xốp bằng cách hòa tan anot với i_c = 30 – 50 A/dm^2, τ = 3 – 9 ph để được chiều sâu lỗ, rãnh bằng 1/3 chiều dày lớp mạ crom.



Hình 7.1. Chuẩn bị mạ crom xốp

Mạ crom đen để trang sức, tránh phản quang, chống mài mòn. Thường phải mạ Ni bóng trước rồi mạ crom đen ra ngoài cho các vật cần trang sức, hoặc mạ crom cứng trước rồi mạ tiếp crom đen lên cho trường hợp mạ chống mài mòn.

Dung dịch mạ crom đen không được chứa ion SO_4^{2-}, có thành phần như sau:

Thành phần (g/l)	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
CrO_3	250	300 – 400
CH_3COOH	6 ml/l	–
$BaCO_3$	–	5 – 10
$Ca(CH_3COO)_2$	–	4 – 8
$Zn(CH_3COO)_2$	–	2 – 5
Nhiệt độ, °C	20 – 40	25 – 40
i_c, A/dm^2	300 – 400	30 – 100
Thời gian, ph	4 – 6	–
Màu sắc lớp mạ	đen sẫm	vân đen như mã não

Mạ crom lên nhôm: Mạ Cr lên Al hay hợp kim Al để trang sức bảo vệ, tăng chịu mài mòn cho vật chịu ma sát, cho dụng cụ chính xác...

Quy trình mạ Cr lên Al và hợp kim Al giống như mạ Cu hay Ni lên Al và hợp kim Al (xem các mục 6.1.5 và 6.2.4), tức là phải gia công trong dung dịch zincat hai lần trước khi mạ Cr. Chiều dày lớp bảo vệ trang sức gồm Cr 0,5 – 2,0 μm, Ni lót 20 – 25 μm. Có thể mạ trực tiếp Cr 0,5 – 80 μm lên hợp kim Al đúc sau khi đã tẩy kiềm và axit, không cần lớp Ni lót.

Mạ crom bên ngoài bể: Nhiều sản phẩm cơ khí có kích thước rất lớn nhưng chỉ yêu cầu mạ crom lên một vài phần nhỏ của nó. Giải pháp tốt nhất cho vấn đề này là mạ chải crom thực hiện bên ngoài bể mạ. Vật mạ phải quay tròn liên tục, vòi phun dung dịch đồng thời cũng là anot, các điều kiện kỹ thuật khác giống như thực hiện mạ trong bể. Hình 7.2 là trường hợp mạ chải crom cho đầu trục máy.



Hình 7.2. Mạ chải crom cho đầu trục máy

Sơn crom là loại dung dịch hữu cơ đặc biệt được phun lên kim loại, nhựa, gỗ... Sau khi khô cho bề mặt một lớp phủ giống như lớp mạ crom.

7.1.4. Vận hành bể mạ crom

Vật mạ bằng đồng, đồng thau để tránh bị tan khi mạ crom phải nối điện trước rồi mới đưa vào bể. Vật mạ to, nặng phải làm nóng trước trong nước đến nhiệt độ mạ rồi mới đưa vào bể.

Vật mạ bằng sắt thép được làm nóng ngay trong bể mạ crom hoặc trong bể hoạt hóa anot. Trước khi mạ phải hoạt hóa anot ngay trong bể crom 0,5 – 3 ph. Phải dùng dòng xung lớn gấp 2 – 3 lần dòng điện mạ bình thường trong 0,5 – 1,0 ph đầu tiên. Khi đang mạ crom dày bị mất điện hoặc khi cần mạ tiếp crom lên bề mặt crom cho dày thêm, phải đưa vật vào bể đợi nó nóng lên bằng nhiệt độ dung dịch, đổi chiều dòng điện trong 0,5 ph để hoạt hóa bề mặt nó rồi mới bắt đầu mạ với i_c nhỏ và nâng dần lên đến giá trị quy định trong 3 – 5 ph.

Vật mạ bằng gang trước khi mạ crom chỉ được tẩy dầu mỡ hóa học và cọ kỹ bằng mùn cưa hoặc nước vôi. Vật mạ bằng thép bền ăn mòn trước khi mạ crom không cần hoạt hóa anot hoặc hoạt hóa rất nhanh. Các vật này phải dùng dòng xung gấp 2 – 3 lần dòng điện bình thường trong 1 – 2 ph đầu tiên.

Vật đã mạ kền phải mạ crom ngay, để lâu sẽ khó mạ crom lên.

Vật đã qua tẩy bóng điện hóa cần tẩy nhẹ trong HCl 3 – 5% trước khi mạ crom.

Vật bằng hợp kim nhôm biến dạng trước khi mạ crom phải gia công trong dung dịch zincat hai lần. Vật bằng hợp kim nhôm đúc sau khi tẩy kiềm và axit có thể mạ crom ngay, không cần mạ lót.

Vật bằng hợp kim magie phải kết tủa kẽm tiếp xúc từ dung dịch pyrophotphat và mạ đồng xyanua dày 3 – 5 μm rồi mới mạ crom được.

Vật bằng hợp kim titan trước khi mạ crom phải tẩy dầu mỡ trong dung môi hữu cơ, tẩy trong hỗn hợp các axit HNO_3 và HF, sau đó tẩy anot trong dung dịch gồm 0,06 phần trọng lượng HF, 0,06 phần trọng lượng ZnF_2, 0,88 phần trọng lượng etylenglycol. Độ gắn bám của lớp mạ crom với titan được nâng lên nhiều nếu được nung nóng ở 800 °C trong 2 ph.

Thép đã thấm nitơ chỉ có thể mạ crom lên sau khi đã khử lớp giàu N trên mặt.

Giá treo, móc treo, tiếp điểm phải đủ lớn để tải được dòng điện yêu cầu mà không bị quá nóng. Theo số liệu thực tế, cứ 1 mm^2 tiết diện của đồng dẫn được 2,5 A; của nhôm 1,8 A; đồng thau 0,9 A; thép 0,5 A; kền 0,4 A. Đầu giá hay móc treo phải bẹt và uốn thành các góc độ thích hợp để tăng diện tiếp xúc giữa chúng với cầu cực; có thể cấy thêm các vít chì ở đầu giá treo.

Vật mạ crom phải mắc, ghép chặt với giá, móc treo; khi cần thiết có thể ghép bằng ốc vít hay hàn. Các phần không cần mạ crom của vật mạ phải cách điện bằng vật liệu polyetylen, PVC, chất dẻo không bị hỏng trong dung dịch mạ crom...

Các vật mạ crom có lỗ cụt, góc chết..., khi treo vào bể mạ phải chọn vị trí thích hợp sao cho không bị đọng bọt khí. Các vật dài phải treo dọc theo chiều dài bể, thỉnh thoảng phải xoay trở. Các vật có khe, lỗ nhỏ phải dùng chì lấp kín, miết bằng mặt rồi mới mạ. Các vật có hình dạng đặc biệt: nhô cao, lõm sâu, góc nhọn... cần chọn lựa và áp dụng các loại catot phụ, anot phụ, vật chắn... thích hợp nhất để phân bố lại dòng điện đến bề mặt mạ được đồng đều nhất.

Lớp mạ crom dày đem ngâm vào axit nitric nóng trong vài ba giờ sẽ làm cho bề mặt crom thụ động và có nhiều ưu điểm: không biến đổi màu, khó tan trong HCl hơn, bền hóa gần như bạch kim.

Tăng độ bền ăn mòn cho bề mặt thép mạ crom bằng cách gia công catot cho nó trong dung dịch:

$Na_2Cr_2O_7$	50 g/l
Nhiệt độ	95 °C
pH	4,5
i_c	0,3 – 0,5 A/dm^2
Thời gian	1 đến 2 phút

Hoặc chỉ ngâm vào dung dịch này 2 h cũng có kết quả tương tự.

7.1.5. Bóc lớp mạ crom hỏng

Loại bỏ lớp mạ crom hỏng bằng các cách:

– Hòa tan học ở nhiệt độ phòng trong dung dịch HCl 15 – 20%. Cách này thích hợp cho việc tẩy lớp crom mỏng trên vật mạ bằng thép, đồng, đồng thau, vật đã mạ đồng và kền. Sau khi tẩy xong, bề mặt rất hoạt động nên mạ lại crom rất thuận lợi, nhưng không được để HCl lẫn vào bể crom.

– Hòa tan hóa anot ở nhiệt độ phòng trong dung dịch NaOH 5 – 10% với i_a = 10 – 20 A/dm^2. Cách này thích hợp cho việc tẩy lớp crom mỏng trên các vật bằng thép hoặc vật đã mạ kền.

– Để bóc cả lớp crom và kền cùng một lúc dùng cách hòa tan anot trong dung dịch H_2SO_4 80% với i_a = 3 – 5 A/dm^2.

– Để bóc lớp crom dày trên nền thép dùng phương pháp hòa tan anot trong dung dịch CrO_3 100 – 400 g/l.

Hiện nay trên thị trường nước ta đã có bán các chất tẩy hóa học và điện hóa để bóc các loại lớp mạ hỏng, trong đó có lớp mạ crom, sử dụng khá hiệu quả. Ví dụ, nhóm chế phẩm Udystrip của hãng Enthone–OMI hay nhóm chế phẩm TOPRIP của hãng Okuno...

7.1.6. Độ bền các vật liệu trong dung dịch crom

Hiện nay có nhiều vật liệu mới chịu đựng tốt trong môi trường oxy hóa mạnh, nhiệt độ tương đối cao... có thể dùng cho môi trường mạ crom. Bảng 7.7 trình bày một số các vật liệu này.

Bảng 7.7. Độ bền các vật liệu trong dung dịch crom

Vật liệu	*Nhiệt độ, ^0C*	*Nồng độ CrO_3 100 g/l*	*Nồng độ CrO_3 500 g/l*
Polyetylen	20	1	1
Polyetylen	60	1	4
Polypropylen	100	4	4
Polystyrol	20	2	3
Polystyrol	50	3	3
Polymetylmeta Acrylat	20	2 – 4	4
Polyvinyclorid (PVC)	55	1	1
PVC – C	90	1	1
PVDF	95	1	1
Nhựa florinat	20 – 100	1	1
PTFE (polytetrafloetylen)	95	1	1
Polyamid	20	3 – 4	4
Polycacbonat	20	1	4
Polyester resin	20	1	3 – 4
Polyester resin	70 – 100	3	4
Epoxid resin	20	4	4
Nhựa đường, hắc ín (tar)	20 – 60	4	4
Cao su butyl (butyl rubber)	20	1	3 – 4
Cao su butyl	60	4	4
Sunfoclorat polyetylen (hypalon)	20 – 70	1	2
Sơn peclovinyl	20	1	2
Sơn peclovinyl	60	2	4
Thủy tinh, enemal	20 – 100	1	1
Gốm, sứ	20 – 100	1	1
Grafit tẩm	20	1	4
Grafit tẩm	100	2	4
Gỗ	20	4	4

Chú thích: 1 – bền; 2 – khá bền; 3 – hơi bền; 4 – không bền.

7.2. MẠ SẮT

Sắt, ký hiệu Fe, là kim loại được dùng phổ biến nhất. Sắt điện giải có màu xám sáng, ánh bạc, trọng lượng riêng γ = 7,71 g/cm^3, nhiệt độ nóng chảy 1650 °C. Trọng lượng nguyên tử 55,84, đương lượng hóa học 27,92, đương lượng điện hóa ϑ = 1,042 g/Ah. Điện thế tiêu chuẩn của Fe/Fe^{2+} là –0,44 V, của Fe/Fe^{3+} là –0,036 V.

Lớp mạ sắt có độ cứng rất cao, tùy theo điều kiện điện phân mà độ cứng có thể thay đổi từ 1,2 – 7,5 GPa (122,4 – 765,3 kg/mm^2) và khó mài mòn. Chính vì có độ cứng cao như vậy nên mạ sắt còn được mệnh danh là *mạ thép*. Độ cứng cao là do cấu trúc tinh thể rất nhỏ mịn, sít chặt và thấm nhiều hydro trong quá trình mạ, do đó lớp mạ thép cũng có độ giòn lớn. Độ cứng lớp mạ thép kém hơn lớp mạ crom, nhưng mạ thép nhanh hơn, rẻ hơn, hiệu suất dòng điện cao hơn, lớp mạ rất dày vẫn không bị sần sùi. Độ gắn bám của lớp mạ với nền có thể đạt đến 4000 kg/mm^2.

Mạ thép từ muối sắt hóa trị hai ở dạng sunfat hay clorua hoặc hỗn hợp của chúng và không được có mặt Fe^{3+} trong dung dịch.

Mạ thép được dùng trong công nghệ in ấn (mạ dày 20 – 100 µm), trong phục hồi kích thước các chi tiết cơ khí đã bị mài mòn (mạ dày 1000 – 2000 µm), trong đắp lên các hợp kim cứng (mạ dày 100 – 200 µm).

7.2.1. Các dung dịch mạ thép

Bảng 7.6 kê một vài dung dịch mạ thép hay dùng.

Dung dịch ăn mòn mạnh nên bể mạ phải dùng chất dẻo (chịu nhiệt) hoặc gốm sứ.

Bể mạ thép nên trang bị hệ thống hút khí.

Bảng 7.6. Một số dung dịch mạ thép

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch số*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
$FeSO_4.7H_2O$	300	–	–	–	–
$FeCl_2.4H_2O$	–	200	450	500 – 750	500 – 750
NaCl	150	80 – 90	80 – 90	–	–
$MnCl_2.4H_2O$	–	5 – 10	5 – 10	–	15 – 30
HCl tự do	0,4 – 0,7	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	pH 1,2 – 1,8	pH 0,8 – 1,6
Axit ascorbic	–	–	–	–	0,5 – 2
Nhiệt độ, °C	95 – 98	50 – 80	50 – 80	20 – 90	20 – 40
Mật độ dòng điện, A/dm^2	10 – 15	10 – 80	10 – 80	8 – 60	15 – 30
Hiệu suất dòng điện, %	90	80 – 92	–	80 – 95	80 – 90

Tỷ lệ S_a/S_c = 1/1 – 2/1.

Anot: thép ít cacbon (CT2, CT3) lồng trong túi vải polypropylen.

Điện thế nguồn điện một chiều: 6 – 12 V.

Dung dịch 1 dùng trong công nghệ in.

Dung dịch 2 dùng mạ phục hồi kích thước cho vật bằng thép cacbon, thép 35, 38, 38A, 45, 50, 65 đã qua nhiệt luyện hoặc các loại thép thường hóa (loại 10, 20, 30, 40, 45). Có thể mạ dày đến 0,8 – 1,0 μm.

Dung dịch 3 dùng mạ phục hồi kích thước cho vật bằng thép thường, mã hiệu 10, 20, 30, 40, 45...; cho lớp mạ dày đến 1,5 – 2,0 μm vẫn nhẵn; độ cứng đạt đến 5 – 5,5 GPa (510 – 561 kg/mm²).

Dung dịch 4 có thành phần đơn giản, mạ được ở nhiệt độ cao và nhiệt độ thường, dùng mạ phục hồi kích thước và các việc khác.

Dung dịch 5 dùng cho mạ phục hồi kích thước, mạ ở nhiệt độ phòng, axit ascorbic OCOC(CH) = C(OH)CH–CHOH–CH_2OH tránh cho dung dịch bị oxy hóa nên lớp mạ mịn, cứng 5,88 – 6,86 GPa (600 – 700 kg/mm²).

Pha chế dung dịch: Có thể dùng muối Fe^{2+} để pha dung dịch, hoặc dùng muối Fe^{3+} thì sau khi hòa tan phải khử thành Fe^{2+} bằng hydro, muốn vậy thêm HCl rồi đem điện phân dung dịch hay thêm HCl + phoi sắt vào dung dịch cho khí hydro thoát ra. Ví dụ, dung dịch có 400 – 500 g/l $FeCl_3$ cần thêm 150 – 200 ml/l HCl (1,19) và phoi sắt (dư) vào, đun nóng 40 – 50 °C, sau khi phản ứng xong (hết khí H_2 thoát ra) sẽ được dung dịch $FeCl_2$ 600 – 800 g/l. Lọc, đo tỷ trọng hoặc phân tích hóa học để biết chính xác nồng độ rồi điều chỉnh đến nồng độ mong muốn.

Cũng có thể dùng HCl 1 : 2 hòa tan phoi sắt ít cacbon (CT2, CT3) đã tẩy rửa sạch. Sau vài ba ngày hòa tan, thu dung dịch, lọc sạch, đo tỷ trọng hay phân tích để biết nồng độ rồi điều chỉnh thành dung dịch mạ.

7.2.2. Độ cứng lớp mạ thép

Độ cứng lớp mạ thép phụ thuộc vào i_c và t °C được giới thiệu trong bảng 7.7.

Độ cứng lớp mạ thép phụ thuộc vào nồng độ $FeCl_2.4H_2O$ kê trong bảng 7.8

Bảng 7.7. Độ cứng lớp mạ thép phụ thuộc và chế độ mạ

(Mạ từ dung dịch số 2 ở bảng 7.6, $FeCl_2.4H_2O$ 200g/l)

(Độ cứng 1kg/mm² = 9,8 MPa)

i_c, A/dm²	*Nhiệt độ, °C*	*Độ cứng, kg/mm²*	*i_c, A/dm²*	*Nhiệt độ, °C*	*Độ cứng, kg/mm²*
10	60 80 90	500 – 520 350 – 400 300 – 320	40	60 80 90	570 – 580 520 – 540 460 – 480
20	60 80 90	520 – 550 420 – 450 380 – 400	50	60 80 90	580 – 600 540 – 560 470 – 480
30	60 80 90	560 – 570 460 – 480 430 – 450	60	60 80 90	600 – 610 550 – 570 480 – 500

Bảng 7.8. Độ cứng lớp mạ thép phụ thuộc nào nồng độ dung dịch

(Mạ từ dung dịch 5, bảng 7.6; i_c = 30 A/dm^2)

(Độ cứng 1 kg/mm^2 = 9,8 MPa)

Nồng độ, g/l	*Độ cứng, kg/mm^2*	*Nồng độ, g/l*	*Độ cứng, kg/mm^2*
200	700 – 750	500	620 – 630
300	700 – 710	600	600 – 610
400	660 – 680	700	560 – 580

Tốc độ mạ thép tính theo công thức (5.1) hoặc tra bảng 7.9.

Bảng 7.9. Tốc độ mạ thép (μm/h)

Mật độ dòng điện i_c, A/dm^2	*Hiệu suất dòng điện H, %*		
	90	*95*	*98*
1	11,5	12,4	13
5	56,0	62,0	64
10	115	1124	130
20	230	250	260

7.2.3. Vận hành bể mạ thép

Mạ thép ở nhiệt độ 80 – 90 °C nên dung dịch mau cạn, cần thường xuyên bổ sung nước nóng đã axit hóa bằng HCl vào kịp thời để duy trì nồng độ và mức dung dịch không biến động nhiều trong mỗi mẻ mạ.

Bảng 7.10 cho biết quan hệ giữa trọng lượng riêng (g/cm^3) hay độ Bômê (°Bé) với nồng độ (g/l) của $FeCl_2$.

Bảng 7.10. Quan hệ giữa tỷ trọng, độ Bômê và nồng độ $FeCl_2.4H_2O$

Tỷ trọng g/cm³	*Độ °Bé*	*$FeCl_2$. $4H_2O$ g/l*	*Tỷ trọng g/cm³*	*Độ °Bé*	*$FeCl_2$. $4H_2O$ g/l*	*Tỷ trọng g/cm³*	*Độ °Bé*	*$FeCl_2$. $4H_2O$ g/l*
1,08	11	140	1,19	23	332	1,30	33	516
1,09	12	158	1,20	24	348	1,31	34	533
1,10	14	176	1,21	25	365	1,32	35	550
1,11	15	194	1,22	26	382	1,33	35,5	567
1,12	16	212	1,23	27	399	1,34	36,5	583
1,13	17	230	1,24	28	416	1,35	37	600
1,14	18	247	1,25	29	433	1,36	38	617
1,15	19	264	1,26	30	450	1,37	39	634
1,16	20	282	1,27	31	466	1,38	40	650
1,17	21	300	1,28	32	483	1,39	40,5	668
1,18	22	316	1,29	32,5	500	1,40	41	686

Đối với vật cần mạ phục hồi kích thước, trước tiên phải mài tròn, nhẵn, hết rỗ, vẹt trên máy mài chính xác, chuyên dụng; tẩy dầu mỡ, hoạt hóa bề mặt theo một trong các cách sau:

– Hòa tan anot ngay trong bể mạ để tạo lớp màng đen (ứng với lúc điện thế bể đạt giá trị cao nhất), sau đó đưa sang dung dịch H_2SO_4 30% tiếp tục phân cực anot cho màng đen bong ra (ứng với lúc điện thế bể tụt nhanh xuống), bề mặt sẽ sáng trắng đều rồi đưa vào mạ thép ngay.

– Hòa tan anot trong H_2SO_4 30% để tạo thành màng thụ động mỏng, rửa, treo không điện vào bể mạ thép 1 – 4 ph để hòa tan màng thụ động, đóng điện để mạ đúng lúc màng vừa tan hết.

Thủ tục tạo màng và bóc màng để được bề mặt sáng trắng giữ vai trò quyết định độ gắn bám của lớp mạ với nền. Mỗi loại vật liệu nền hoặc cùng một loại vật liệu nền nhưng đã qua chế độ nhiệt luyện khác nhau thì thời gian tẩy anot và mật độ dòng điện anot cho khâu tạo màng và bóc màng sẽ khác nhau. Nói chung thời gian tẩy từ 3 – 5 ph, mật độ dòng anot từ 10 – 80 A/dm².

Mật độ dòng điện mạ thép lớn nên giá treo và tiếp điểm phải đủ to, chắc chắn để giá treo và vật mạ không bị nóng lên, gây khó khăn và hư hỏng không đáng có; nếu cho phép có thể hàn vật mạ vào giá treo, sau mạ tháo hàn ra.

Bảng 7.11. Sự cố khi mạ thép, nguyên nhân và cách khắc phục

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp mạ thép bị bong	1. Tẩy dầu mỡ và tẩy gỉ bề mặt chưa sạch. Khắc phục. 2. Đang mạ bị mất điện một lúc. Chuẩn bị lại từ đầu trước khi mạ tiếp. 3. Tạo màng đen và bóc màng chưa đạt. Chọn lại i_a và τ tốt hơn. 4. Tạp chất Fe^{3+} nhiều. Lọc qua than hoạt tính; chỉnh lại pH.
Lớp mạ bị xám từng phần	1. Độ axit cao quá. Điều chỉnh lại bằng NaOH loãng. 2. Dung dịch lẫn Cu, Cr, Fe^{3+}. Mạ xử lý với i_c = 0,8 – 1,5 A/dm^2.
Lớp mạ rất giòn và có sọc đen	Dung dịch lẫn tạp chất hữu cơ. Mạ xử lý với i_c 1,5 – 2 A/dm^2, lọc qua than hoạt tính.
Lớp mạ bị rỗ	1. Hydro bám lâu trên vật mạ. Thay vị trí treo và khuấy mạnh. 2. Độ axit dung dịch qúa cao. Điều chỉnh lại.
Lớp mạ nhám, sùi	1. Dung dịch đục. Lọc sạch và thay bao anot mới. 2. Lớp mạ dày quá cỡ. Giảm bớt độ dày. Trường hợp muốn dày hơn phải mài nhẵn rồi mạ tiếp như đối với một vật mới. 3. Độ axit quá bé. Thêm HCl. 4. Mật độ dòng điện i_c quá lớn. Giảm bớt.

Anot tan rất nhanh và sinh nhiều mùn đen, phải thường xuyên làm vệ sinh anot, túi anot và thay mới anot để luôn đảm bảo tỷ lệ diện tích đã quy định giữa các cực.

Lọc: cần lọc định kỳ hoặc liên tục dung dịch. Không để dung dịch có váng hay vẩn đục màu vàng.

Độ axit hay pH luôn biến động nhanh theo thời gian mạ, nên trong khi mạ cần phải thường xuyên kiểm tra và bổ sung HCl vào dung dịch kịp thời để tránh sinh ra Fe^{3+} ở dạng hydroxit làm vẩn đục dung dịch và gây sần sùi cho lớp mạ.

Khi nghỉ sản xuất lấy hết anot ra, đậy kín bề mặt dung dịch bằng một tấm vải nhựa nổi để hạn chế Fe^{2+} bị oxy hóa thành Fe^{3+}. Cho một ít phoi thép sạch vào túi vải polypropylen rồi thả vào bể mạ cũng hạn chế được việc sinh ra Fe^{3+}.

Sự cố, nguyên nhân và cách khắc phục được kê trong bảng 7.11.

7.3. MẠ COBAN

Coban, ký hiệu Co, là kim loại có màu xám sáng, ánh hồng; trong lượng riêng γ = 8,8 g/cm^3, trọng lượng nguyên tử 58,93; hóa trị 2 và 3; đương lượng điện hóa $\ni$ của Co^{2+} là 1,099 g/Ah. Nhiệt độ nóng chảy 1490 °C. Độ cứng 1,274 – 1,764 GPa (130 – 180kg/mm^2).

Tính chất cơ lý của coban rất giống kền. Lớp kết tủa của coban cứng hơn của kền, chịu mài mòn cũng cao hơn. Tuy nhiên coban đắt, dễ bị oxy hóa ở nhiệt độ cao, độ bền ăn mòn thấp hơn kền nên không mấy khi dùng coban như một lớp mạ độc lập. Tuy nhiên hợp kim của coban với kền thường được dùng làm vật liệu từ (xem mục 9.5).

Mạ coban có thể tiến hành trong dung dịch sau:

$CoSO_4.7H_2O$	500 g/l
NaCl	15 g/l
H_3BO_3	45 g/l
i_c	5 – 15 A/dm^2
Nhiệt độ	30 – 40 °C
Anot	coban

Chương 8
MẠ KIM LOẠI QUÝ

8.1. MẠ BẠC

Bạc, ký hiệu Ag, là kim loại rất dẻo, trọng lượng nguyên tử 107,88, đương lượng hóa học 107,88, đương lượng điện hóa $\ni$ = 4,025 g/Ah, trọng lượng riêng γ=10,49. Điện thế tiêu chuẩn của bạc bằng +0,81 V, bạc ít hoạt động, bền trong không khí, nhưng dễ tác dụng với khí H_2S và bị mờ, đen. Bạc dễ tác dụng với HNO_3, ít tác dụng với H_2SO_4, hầu như không tác dụng với HCl và NaOH. Bạc hòa tan rất dễ dàng trong xyanua. Bạc dễ đánh bóng và có khả năng phản xạ ánh sáng rất cao (95%). Độ dẫn điện riêng của bạc rất lớn: 62.10^4 $\Omega^{-1}.cm^{-1}$.

Mạ bạc dùng để tăng độ dẫn điện bề mặt, giảm điện trở tiếp xúc cho các tiếp điểm; mạ cho các dụng cụ dùng để ăn uống (vì bạc không độc hại); mạ cho các mặt hàng mỹ nghệ, đồ kim hoàn và các dụng cụ phản quang...

Chiều dày lớp mạ bạc trên các vật làm việc tại điều kiện:

- Ăn mòn nhẹ Y là ≥ 5 μm.
- Ăn mòn vừa V là ≥ 10 μm.
- Ăn mòn mạnh M là ≥ 20 μm.
- Mạ pha đèn, đèn chiếu, tiếp điểm 10 – 20 μm.
- Mạ các bình chứa dung dịch kiềm 10 – 100 μm.

8.1.1. Mạ bạc từ dung dịch xyanua

Mạ bạc cho các vật bằng đồng, đồng thau, thép đã mạ lót đồng... thường tiến hành trong dung dịch xyanua. Để tăng độ gắn bám của lớp bạc với nền trước khi mạ (sau tẩy nhẹ), phải hỗn hống hóa hoặc mạ lót một lớp bạc mỏng trong dung dịch đặc biệt rồi mới mạ bạc tiếp theo.

Hỗn hống hóa bằng cách nhúng các vật cần mạ vào một trong các dung dịch sau đây từ 3 – 5 s ở nhiệt độ phòng:

$HgCl_2$	7,5 g/l,	NH_4Cl	4 g/l.
HgO	75 g/l,	NaCl	60 g/l.
$K_2Hg(CN)_4$	5 – 10 g/l,	KCN	10 – 20 g/l.
$Hg(NO_3)_2$	4 g/l.		

Mạ lót lớp bạc mỏng trong dung dịch đặc biệt cho các vật bằng đồng và hợp kim đồng, có nồng độ Ag^+ nhỏ và nồng độ CN^- lớn như sau:

AgCN	3,7 – 5,1 g/l
KCN	75 – 90 "
Nhiệt độ dung dịch	20 – 30 °C
Mật độ dòng điện	1,6 – 1,7 A/dm^2
Thời gian	15 – 25 s
Anot	thép hay kền
Điện thế nguồn	< 6 V

Sau đó mạ bạc tiếp để đạt chiều dày mong muốn từ một trong các dung dịch kê ở bảng 8.1.

Bảng 8.1. Một số dung dịch mạ bạc xyanua thông dụng

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*	*Dung dịch 3*	*Dung dịch 4*
AgCN	36	105	22 – 45	20 – 30
KCN	60	113	33 – 45	20 – 40 (tự do)
K_2CO_3	45	15 – 113	25 – 45	20 – 30
NaOH	–	30	–	–
KNO_3	–	–	45 – 150	–
Sunfua cacbon	0,00075	–	0,00075	–
Nhiệt độ, °C	phòng	43 – 54	27 – 52	phòng
Mật độ dòng, A/dm^2	0,5 – 1,6	6,5 – 16	0,5 – 1,6	0,3 – 1,5
Hiệu suất dòng *H*, %	100	100	100	100
Tỷ lệ S_a/S_c	1/1	2/1	1/1	1/1

Anot: bạc.

Khuấy cho dung dịch 1 và 3.

Lọc liên tục cho dung dịch 2.

Điện thế nguồn một chiều: 6 V.

Dung dịch 1 và 3 cho lớp mạ bóng. Có thể dùng chất bóng khác (ngoài cacbon sunfua) như natri tiosunfat (1 g/l), tioure (45 g/l), 2 – mercaptobenzotiazol (0,25 g/l)... Cho lớp mạ dày từ 2,5 đến 33 μm trên lớp mạ bạc lót. Dùng để mạ trang sức – bảo vệ cho hàng mỹ nghệ, kim hoàn, mạ các tiếp điểm, mạ các dụng cụ ăn uống, đồ dùng trong nhà.

Dung dịch 2 cho lớp mạ dày 1,5 μm, mạ phục vụ công nghiệp như các pittông trượt... có thể mạ bóng nếu dùng thêm chất amon tiosunfat và chất chống rỗ H_2O_2.

Dung dịch 4 mạ tiếp sau lớp mạ bạc lót cho đến khi đạt chiều dày quy định, lớp mạ mờ, mạ các mặt hàng gia dụng.

Bảng 8.2 cho biết thời gian mạ cần thiết để đạt chiều dày mong muốn.

Bảng 8.2. Thời gian mạ bạc (ph)

Chiều dày mạ, μm	*Mật độ dòng điện i_c, A/dm²*					
	0,2	*0,3*	*0,5*	*0,7*	*1,0*	*1,5*
1	7,9	5,3	3,2	2,3	1,6	1,1
2	15,8	10,5	6,3	4,1	3,2	2,1
3	24	16	9,5	6,8	4,7	3,2
5	40	26	16	11	7,9	5,3
7	55	37	22	16	11	7,4
9	71	48	28	20	14	9,5
10	79	53	32	23	16	11
30	237	158	95	68	47	32
50	395	264	158	113	73	53
70	632	422	253	181	126	84
100	790	527	315	230	168	110

Bảng 8.3. Sự cố, nguyên nhân và cách chữa khi mạ bạc xyanua

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp mạ xám, lốm đốm và anot có vệt đen	Thiếu CN^- tự do. Phân tích và bổ sung KCN
Lớp mạ xám, lốm đốm nhưng anot vẫn sáng, tốt	1. Dung dịch lẫn tạp chất và mùn anot. Lọc dung dịch và thêm 1 – 2 ml/l amoniac hay hyposunfit. 2. Dung dịch sát catot bị nghèo nhanh. Khuấy dung dịch.
Lớp mạ giòn. Khí H_2 thoát mạnh trên catot. Anot sáng	Nồng độ KCN quá cao. Phân tích nồng độ KCN của dung dịch và thêm $AgNO_3$ thích hợp rồi pha loãng đến nồng độ đã quy định
Lớp mạ bị bong thành vảy nhỏ hay mảng lớn khi cườm hoặc đánh bóng	1. Chuẩn bị bề mặt trước mạ chưa sạch. Khắc phục. 2. Thời gian hỗn hống hóa trước mạ quá lâu. Giảm bớt. 3. Nồng độ bạc trong dung dịch quá bé. Phân tích, bổ sung.
Lớp mạ thô và tơi	Mật độ dòng điện catot quá cao. Giảm bớt i_c.
Lớp mạ bị rỗ điểm hay rỗ vệt	Hydro bám lâu trên catot. Khuấy dung dịch hay lắc, đu đưa vật mạ

Pha chế dung dịch: Dùng hóa chất $AgNO_3$ để pha chế dung dịch.

Có thể tự chế lấy $AgNO_3$ như sau: hòa tan bạc kim loại vào HNO_3 đặc, nguyên chất, thêm nước gấp 3 – 5 lần thể tích axit, đun nóng 50 – 60 °C cho tan hết, cô cạn sẽ được $AgNO_3$ khô. Đun nóng chảy muối này rồi làm lạnh được hóa chất cần chế tạo. Tiến hành trong tối.

Hoà tan $AgNO_3$ này vào nước thành dung dịch 40%. KCN pha thành dung dịch 5%. Rót 3 thể tích dung dịch KCN vào 1 thể tích dung dịch $AgNO_3$, khuấy đều sẽ được kết tủa AgCN màu trắng. Có thể gạn bỏ phần nước trong chứa KNO_3, cũng có thể không cần. Thêm dung dịch KCN vào AgCN sẽ tan và tạo thành phức chất $KAg(CN)_2$. Bổ sung các cấu tử còn lại thành dung dịch mạ cần pha chế.

Nên pha chế trong buồng tối có ánh sáng đỏ.

Các hư hỏng thường gặp khi mạ bạc, nguyên nhân và cách khắc phục ghi trong bảng 8.3.

8.1.2. Mạ bạc trong các dung dịch khác

Dung dịch feroxyanua:

AgCl	3 – 5 g/l	30 – 40 g/l
$K_4Fe(CN)_6.3H_2O$	10 – 30 g/l	150 – 200 g/l
$Na_2CO_3.10H_2O$	25 – 75 g/l	–
K_2CO_3	–	15 – 20 g/l
Nhiệt độ dung dịch	15 – 30°C	15 – 80°C
Mật độ dòng điện	0,15A/dm^2	1 – 1,5 A/dm^2
Hiệu xuất dòng điện	~ 100%	~ 100%
Anot	bạc hay grafit	bạc hay grafit

Pha chế dung dịch: Cân các cấu tử, đổ chung lại, thêm nước, đun sôi, giữ trong buồng tối 2 – 3 h. Gạn bỏ hay lọc bỏ kết tủa nâu của $Fe(OH)_3$ rồi đem dùng.

Hai dung dịch trên có khả năng phân bố lớn, cho lớp mạ sáng mịn, ít độc hại. Dung dịch đầu để mạ mỏng, dung dịch sau để mạ bạc dày.

Dung dịch iođua:

AgCl	20 – 25 g/l	–
Ag_2SO_4	–	25 – 35 g/l
KI	300 – 400 g/l	600 – 650 g/l
$K_4P_2O_7$	–	40 – 50 g/l
NH_4OH 25%	–	60 – 75 ml/l
Nhiệt độ dung dịch:	phòng	phòng
Mật độ dòng điện:	0,15 – 0,25 A/dm^2	0,05 – 0,3 A/dm^2

Các dung dịch này rất ổn định, không độc hại, cho lớp mạ tốt, có ánh vàng, nhưng khả năng phân bố không lớn và đắt tiền.

Dung dịch nitrat:

$AgNO_3$	20 g/l
NH_4OH 25%	50 – 60 ml/l
$(NH_4)_2SO_4$	150 – 200 g/l
pH	6,6 – 6,9
Nhiệt độ dung dịch	phòng
Mật độ dòng điện	0,8 A/dm^2

Dung dịch làm việc ổn định, cho lớp mạ kín, mịn. Thay hỗn hống hóa độc hại bằng cách phân cực catot cho vật cần mạ trong dung dịch gồm: NH_4OH (25%) 20 – 25 ml/l, $(NH_4)_2SO_4$ 150 – 200 g/l, dẫn suất urotropin 2/l, nhiệt độ 45 °C, i_c = 0,5 – 3,0 A/dm^2, thời gian τ = 2 ph.

8.1.3. Mạ bạc hóa học

Khi cần lớp bạc mỏng trên các vật kim loại bé, mảnh... thường mạ bạc hóa học bằng cách nhúng trong dung dịch xyanua nóng như kê ở bảng 8.4.

Vật trước khi mạ phải tẩy rửa cẩn thận rồi đựng trong giỏ mạ kẽm hay thùng mạ kẽm có nhiều lỗ, nhúng vào dung dịch mạ bạc hóa học, xóc mạnh vài ba lần. Sau đó rửa nước lã, nước nóng, sấy khô.

Mạ bạc mỏng cho các vật phi kim như thủy tinh, gốm, sứ, chất dẻo... tiến hành như dưới đây. Pha hai dung dịch:

Dung dịch bạc: Lấy 4 – 5 g $AgNO_3$ hòa tan vào 100 ml nước cất, nhỏ từng giọt NH_4OH 25% vào cho đến khi dung dịch hết đục (tức hòa tan hết kết tủa AgOH mới sinh ra). Thêm 5 g NaOH hay KOH (đã hòa tan trước) và vài giọt NH_4OH nữa để giữ cho dung dịch luôn trong suốt. Thêm nước đến thể tích 1 lít. Giữ ở chỗ tối và phải dùng hết trong vòng 24 h.

Dung dịch khử: Hòa tan 80 – 90 g đường kính vào nước nóng, thêm 2 – 3 ml H_2SO_4 (1,84) rồi đun sôi 3 – 5 ph. Thêm nước cất đến 1 lít. Tẩy sạch dầu mỡ vật cần mạ bằng nước vôi, nhúng vào dung dịch $SnCl_2$ 2 – 3 g/l trong 2 – 3 ph, rửa trong nước cất rồi đem mạ. Ngay trước lúc mạ bạc, trộn 20 thể tích dung dịch bạc với 1 thể tích dung dịch khử rồi tráng hoặc nhúng vật mạ vào, giữ trong 5 – 10 ph. Rửa sạch, sấy khô.

Khi thao tác cần cẩn thận vì bạc dễ sinh hỗn hợp nổ, nguy hiểm.

Bảng 8.4. Các dung dịch mạ bạc hóa học

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch số*		
	1	2	3
$AgNO_3$	10	10	200
KCN	30	50	150
KOH	–	–	375
K_2CO_3	–	–	250
Nhiệt độ, °C	60 – 70	60 – 70	60 – 70
Thời gian nhúng, ph	2 – 3	2 – 3	< 1

8.1.4. Hoàn thiện lớp mạ bạc

Chống mờ cho lớp mạ bạc

Bạc cũng như lớp mạ bạc dễ tác dụng với H_2S và các hợp chất chứa lưu hùynh S có trong không khí tạo thành màng mỏng (< 0,07 μm) bạc sunfua làm cho chúng bị mờ xỉn,

giảm giá trị trang sức, tăng điện trở tiếp xúc bề mặt, trở nên khó hàn. Có thể khắc phục hiện tượng này bằng các cách sau:

– Phủ lớp sáp hoặc sơn trong, không màu;

– Thụ động hóa học lớp mạ bạc trong các dung dịch thích hợp, ví dụ dung dịch dùng chất ức chế I – 1 – E 50 – 60 g/l, ngâm trong 5 – 10 ph ở 50 – 60 °C; màng thụ động có tác dụng trong thời gian khá dài, không ảnh hưởng đến vẻ đẹp và khả năng hàn của bề mặt;

– Thụ động điện hóa trong dung dịch bicromat: $K_2Cr_2O_7$ 30 – 50 g/l, KOH 30 – 50 g/l, nhiệt độ 15 – 30 °C, thời gian 5 – 10 ph, i_c 1 – 3 A/dm^2, anot bằng chì. Có thể không dùng dòng điện ngoài bằng cách nối vật mạ với mảnh nhôm và tiến hành nội điện phân;

Kết quả cũng khá tốt khi dùng dung dịch sau: $K_2Cr_2O_7$ 25–50 g/l, K_2CO_3 25 – 50 g/l, KOH 25 – 50 g/l; nhiệt độ 22 – 30 °C, thời gian 1 – 5 ph, i_c = 2 A/dm^2, anot bằng thép không gỉ; hay nối vật mạ với nhôm hoặc kẽm để nội điện phân;

– Kết tủa điện hóa lớp màng beryli hydroxit để bảo vệ lớp mạ bạc từ dung dịch: $BeSO_4$ 2,2 – 2,4 g/l, nhiệt độ 15 – 25 °C, pH 5,6 – 5,8, i_c 0,005 – 0,01 A/dm^2, thời gian 30 ph, anot bằng thép không gỉ. Màng bảo vệ có vân ngũ sắc nhạt và hơi khó hàn;

– Mạ lớp mỏng (0,3 – 1,3 μm) kẽm, cađimi, crom hay rođi ra ngoài. Ví dụ một dung dịch mạ rođi: $Rh_2(SO_4)_3$ 4 – 8 g/l, H_2SO_4 48 – 52 g/l; nhiệt độ 15 – 30 °C, i_c = 0,4 – 0,8 A/dm^2. Anot không tan bằng grafit;

– Mạ hợp kim bạc với thiếc, inđi, cađimi, palađi... Hợp kim bạc với kali, chì và palađi lâu bị mờ xỉn, không làm tăng điện trở và điện trở tiếp xúc bề mặt;

– Bao bì cho sản phẩm mạ bạc phải chọn loại không chứa các hợp chất của lưu hùynh S. Giấy gói không có lẫn hợp chất S và phải được tẩm hóa chất chống gây mờ bạc. Dùng túi bằng chất dẻo trong suốt là tốt nhất.

Oxy hóa bạc và lớp mạ bạc

Oxy hóa sẽ cho màng có màu xám sẫm đến màu xanh sẫm, để trang sức và để chống mờ dần theo thời gian. Dung dịch oxy hóa điện hóa có thành phần và chế độ làm việc như sau:

Na_2S	25 – 30 g/l
Na_2SO_3	15 – 20 g/l
H_2SO_4	3 – 5 g/l
Axeton	3 – 5 ml/l
i_a	0,05 – 0,5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Thời gian	3 – 5 ph

Nhuộm màu cho bạc

– Nhuộm đen cho lớp mạ bạc: sau khi mạ bạc xong, nhúng vào dung dịch CaS_2 50 g/l, sấy khô trên ngọn đèn cồn, lửa gaz hay lò điện. Làm lại vài ba lần cho đến lúc được sắc màu vừa ý.

– Nhuộm màu xám xanh tối cho bạc và lớp mạ bạc: tẩy rửa sạch bề mặt rồi nhuộm trong dung dịch gồm K_2S 5/l, nhiệt độ 50 – 60 °C. Nếu cọ rửa bằng bột đá sẽ cho màu bạc cổ.

– Tạo sắc màu cổ kính cho lớp mạ bạc: mạ xong nhúng vật vào dung dịch gồm CaS_2 1 – 2 g/l, NH_4Cl 4 g/l. Rửa nhiều nước, sấy khô.

– Nhuộm màu vàng: vật bằng đồng, thau sau khi mạ bạc đem nhuộm trong dung dịch gồm: $Na_2S_2O_3$ 100 g/l, $Pb(CH_3COO)_2$ 33 g/l.

– Nhuộm màu hồng: nhúng vật mới mạ bạc xong vào dung dịch $CuCl_2$ đặc, nóng. Rửa nước, rửa cồn rồi sấy khô trên ngọn lửa.

8.1.5. Thu hồi bạc từ dung dịch mạ cũ hỏng

Thu hồi bạc từ dung dịch xyanua và feroxyanua được tiến hành bằng phương pháp điện phân dùng anot không tan đến nồng độ 1,5 – 2,0 g/l. Lượng bạc còn lại thu hồi bằng phương pháp nội điện phân dùng điện cực bằng thép bền ăn mòn nối ngắn mạch với nhôm. Bạc sẽ kết tủa lên tấm thép và thoát tiếp xúc ra trên tấm nhôm.

Phương pháp khác là kết tủa bạc dưới dạng AgCl bằng HCl, sau đó hòa tan kết tủa bằng HNO_3 để được $AgNO_3$.

Có thể thu hồi bạc bằng bột kẽm hay bột nhôm, vì chúng có khả năng đẩy bạc ra khỏi muối trong dung dịch. Kết tủa bạc thu được còn lẫn bột kim loại, cần hòa tan chúng trong HCl nóng nếu dùng bột kẽm, hoặc trong NaOH nếu dùng bột nhôm.

Tách chiết bạc bằng dung dịch kiềm amon bậc bốn 0,5 M trong tetracloetylen có thêm một ít rượu decilic là phương pháp rất tiện lợi. Sau đó rút bạc ra bằng dung dịch KCN và KOH sẽ thu được dung dịch $KAg(CN)_2$ bão hòa.

8.2. MẠ VÀNG

Vàng, ký hiệu Au, là kim loại mềm, dễ cán, dát, rất bền hóa. Axit, kiềm, H_2S và các hợp chất lưu hùynh đều không tác dụng được với vàng. Trong không khí, vàng không bị oxy hóa, không bị mờ đi. Vàng chỉ hòa tan trong cường toan (1 thể tích HNO_3 + 3 thể tích HCl), trong hỗn hợp HCl với H_2CrO_4 và trong dung dịch xyanua.

Tính chất hóa lý của vàng: tỷ trọng 19,3 g/cm^3; trọng lượng nguyên tử 197,20; điện thế tiêu chuẩn của vàng hóa trị ba là Au/Au^{3+} = +1,50 V, của vàng hóa trị một là Au/Au^{+} = +1,691 V; đương lượng điện hóa tương ứng là 2,45 và 7,357 g/Ah; điện trở riêng $2{,}45.10^{-8}$ Ω.m.

Vàng dùng để mạ bảo vệ chống ăn mòn cho các dụng cụ, máy móc thí nghiệm, y tế; để mạ các tiếp điểm trong kỹ thuật điện tử đảm bảo điện trở tiếp xúc nhỏ và không thay đổi theo thời gian; để mạ các sản phẩm kim hoàn,... Chiều dày lớp mạ vàng kim hoàn từ 0,25 đến 3 μm, còn cho các mục đích khác từ 3 đến 6 μm. Thường mạ vàng trực tiếp lên các vật bằng đồng, thau, hoặc lên lớp mạ lót bạc hay kền.

Lớp mạ vàng là lớp mạ catot nên chỉ bảo vệ được nền khi nó không có lỗ xốp, thủng. Độ xốp lại phụ thuộc vào chiều dày lớp mạ, vào bản chất nền hay lớp mạ lót. Vàng dễ bị miết kín khi cườm bóng cho chúng. Thường cườm bóng hay miết kín cho lớp mạ vàng bằng một trục đánh bóng bằng kim loại (xem hình 14.14). Lớp mạ vàng có độ cứng thấp và chịu cọ xát, mài mòn kém, vì vậy nhiều trường hợp phải mạ hợp kim vàng với coban hoặc kền để tăng độ cứng, độ chịu mài mòn mà màu sắc cũng đẹp thêm lên.

8.2.1. Mạ vàng từ dung dịch xyanua

Có ba loại dung dịch xyanua để mạ vàng: dung dịch kiềm, dung dịch trung tính và dung dịch axit.

Dung dịch xyanua kiềm chứa vàng hóa trị 1 dưới dạng phức $KAu(CN)_2$ và KCN tự do. KCN có tác dụng: ngăn ngừa vàng kết tủa lại dưới dạng AuCN; tăng độ dẫn điện cho dung dịch; hoạt hóa anot; giữ pH trong phạm vi 11 – 12. Dung dịch này có điện thế catot rất âm nên không có hiện tượng vàng thoát tiếp xúc ra trên catot khi đưa vật mạ vào dung dịch, do đó không cần mạ lót; lớp mạ có độ tinh khiết cao; tinh thể nhỏ mịn. Thành phần một dung dịch loại này và chế độ mạ như sau:

$KAu(CN)_2$, tính ra Au^+	4 – 10 g/l
KCN tự do	10 – 20 g/l
i_c ở 18 – 30 °C	0,1 – 0,3 A/dm^2
i_c ở 45 – 55 °C	0,2 – 0,5 A/dm^2
pH	11 – 12
Anot	thép không gỉ hay vàng 99,99%

Nồng độ càng lớn, nhiệt độ càng cao thì i_c cho phép và hiệu suất dòng điện càng lớn. Nên dùng KCN vì nó cho độ hòa tan lớn. Muốn tăng độ dẫn điện, cho thêm vào dung dịch 25 – 30 g/l K_3PO_4.

Pha chế dung dịch: Hòa tan KCN và $KAu(CN)_2$ vào nước mềm. Rót vào bể mạ, thêm nước đến thể tích ấn định, khuấy.

Dung dịch xyanua trung tính chứa vàng hóa trị 1 dưới dạng phức $KAu(CN)_2$ và KCN tự do nhưng rất ít (1 – 2 g/l). pH 6,5 – 7,5 và được điều chỉnh bằng H_3PO_4. Dung dịch này chủ yếu dùng để mạ dày, cho độ tinh khiết thấp; nhưng lớp mạ nhẵn hơn dung dịch kiềm. Dùng anot không tan. Hiệu suất dòng điện cao nhưng không đạt 100% vì trên catot có hydro thoát ra. Tăng mật độ dòng điện sẽ làm giảm hiệu suất dòng điện, nhưng tăng nhiệt độ và khuấy sẽ làm tăng hiệu suất dòng điện .

Cacbonat tích tụ trong dung dịch không gây tác hại gì cho quá trình mạ vàng. Dung dịch sau đây thuộc loại này:

$KAu(CN)_2$, tính ra Au^+	8 – 12 g/l
Axit xitric	18 – 20 g/l
Kali xitrat	40 – 50 g/l
$KH_2PO_4.3H_2O$	35 g/l
Tl_2SO_4	0,0007 – 0,0008 g/l
i_c	0,5 – 1,0 A/dm^2
Nhiệt độ	60 – 80 °C
pH	6,5 – 7,5
Anot	titan mạ bạch kim

Nên khuấy, lọc liên tục. Nhược điểm của dung dịch này là ít ổn định.

Dung dịch xyanua – axit chứa vàng hóa trị 1 dưới dạng $KAu(CN)_2$ có cho thêm axit hữu cơ axit xitric, axit tatric để duy trì pH trong khoảng 4 – 6. Dung dịch không có xyanua tự do nên ít độc hại nhưng khả năng phân bố sẽ kém đi. Hiệu suất dòng điện giảm khi tăng i_c, giảm nhiệt độ và giảm pH. Giới thiệu hai dung dịch và chế độ mạ của chúng như sau:

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
$KAu(CN)_2$, tính ra Au^+	8 – 12 g/l	1,5 – 2,0 g/l
Axit xitric	50 – 140 g/l	–
Kali xitrat	–	45 – 50 g/l
$CoSO_4.7H_2O$	–	0,3 – 0,4 g/l
Nhiệt độ, °C	20 – 60	20 – 30
pH	4,5 – 6,0	4,0 – 4,5
i_c, A/dm^2	0,2 – 1,0	0,15 – 0,5
Thời gian mạ, ph	0,3 – 0,5	1 – 2
Anot	titan mạ bạch kim	

Dung dịch 1 cần đu đưa catot khi mạ. Dung dịch 1 cũng có thể mạ vàng cho dây kéo căng chạy liên tục qua bể với i_c = 5 – 6 A/dm^2 ở 60 – 80 °C.

Dung dịch 2 dùng để mạ lót vàng trước khi mạ hợp kim vàng lên đồng và hợp kim đồng, lớp mạ đồng hay kền.

Pha chế dung dịch: Hòa tan kali xitrat vào nước mềm, thêm axit xitric, khuấy cho tan hết; dùng dịch KOH 20% để điều chỉnh pH dung dịch đến 3,4 – 4,2; cho $KAu(CN)_2$ vào và khuấy cho tan, thêm nước đến thể tích ấn định; đo và điều chỉnh pH của nó bằng axit xitric hoặc bằng dung dịch axit H_2PO_4 15%.

8.2.2. Mạ vàng từ dung dịch feroxyanua

Đây là một trong những dung dịch không độc hại dùng để thay thế cho dung dịch xyanua, dù rằng chất lượng lớp mạ, khả năng phân bố, hiệu suất dòng điện có kém hơn dung dịch xyanua đôi chút.

Trong dung dịch này anot thường hay bị thụ động, vì vậy phải dùng diện tích anot lớn hơn diện tích catot vài ba lần. Tốc độ hòa tan anot nhỏ làm dung dịch bị loãng dần nên phải theo dõi để bổ sung thêm muối vàng. Trong phức feroxyanua vàng có hóa trị 3 nên tốc độ mạ của nó chậm gấp ba lần so với dung dịch xyanua. Tuy có những nhược điểm như vậy nhưng nó không độc và chất lượng mạ cũng tương đối tốt nên dung dịch này vẫn được ứng dụng khá nhiều. Thành phần dung dịch và chế độ mạ như sau:

$AuCl_3.HCl.4H_2O$ tính ra Au^{3+}	4 g/l
$K_4Fe(CN)_6.3H_2O$	200 g/l
K_2CO_3	65 g/l
KCNS	100 g/l
i_c	0,2 – 0,3 A/dm^2
Nhiệt độ	32 – 62 °C
pH	11 – 12

Pha chế dung dịch: Hòa tan riêng feroxyanua và K_2CO_3 với nước mềm rồi đổ chung lại với nhau, đun sôi kỹ, sau đó thêm vàng clorua vào và đun tiếp 10 – 15 ph nữa. Khi dung dịch đã nguội, thêm nước đến thể tích ấn định, lọc. Phân tích và điều chỉnh nồng độ feroxyanua và vàng clorua cho đúng quy định.

8.2.3. Mạ vàng hóa học

Lợi dụng chênh lệch điện thế giữa bề mặt vật cần mạ và dung dịch mà khử vàng từ dung dịch thành lớp mạ trên bề mặt. Bề mặt bằng đồng thau cho lớp mạ tốt nhất. Vì vậy các kim loại khác muốn mạ vàng hóa học phải mạ lót đồng thau trước đã. Chiều dày lớp vàng hóa học không vượt quá 0,1 µm nhưng rất kín sít. Một số dung dịch mạ vàng hóa học giới thiệu trong bảng 8.5.

Bảng 8.5. Các dung dịch mạ vàng hóa học

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch số*		
	1	*2*	*3*
$AuCl_3$	0,4	3,5	1,5
$KHCO_3$	150	–	100
NaCl	–	2	–
Na_2SO_4	–	30	–
$K_4Fe(CN)_6.3H_2O$	–	3	–
Nhiệt độ, °C	70 – 80	70 – 80	70 – 80
Thời gian, ph	3 – 5	5 – 10	5 – 10

8.2.4. Thu hồi vàng từ dung dịch cũ hỏng

– Dung dịch xyanua cũ, hỏng thu hồi vàng bằng bột kẽm hay bột nhôm để kết tủa nó. Kết tủa thu được cho HCl vào để hòa tan kẽm hoặc nhôm dư. Gạn, rửa rồi cho HNO_3 vào để hòa tan tạp chất bạc và đồng. Rửa sạch bột vàng rồi hòa tan trong cường toan để được vàng clorua.

– Phá dung dịch xyanua bằng cách cho dư H_2SO_4, sau đó thu hồi vàng bằng bột kẽm hay nhôm như đã nói ở trên (làm trong tủ hút khí). Dung dịch được xem là hết vàng khi nhúng lá kẽm vào dung dịch không thấy xuất hiện vệt đen nữa.

– Phá dung dịch chứa vàng bằng dung dịch NaOH 10%, đun nóng đến 60 °C rồi kết tủa vàng bằng nhôm. Dung dịch được xem là đã hết vàng khi lá nhôm bóng sáng nhúng vào vẫn không thay đổi màu sắc và độ bóng. Theo phương pháp này, lượng vàng tổn thất không thể thu được là 0,012 – 0,022% tổng lượng vàng có trong dung dịch cần thu hồi.

– Phương pháp trao đổi ion cũng dùng để thu hồi vàng từ dung dịch cũ hỏng và đặc biệt hữu hiệu đối với việc thu hồi vàng từ nước rửa.

8.2.5. Điều chế $KAu(CN)_2$

– Vàng cán mỏng, cắt nhỏ, đun cách thủy trong cường toan (1 g Au cần 10g HCl + 3g HNO_3 để hòa tan). Sau khi Au tan hết tiếp tục đun 30 – 60 ph để đuổi hết NO_2 dư và thu được $AuCl_3$.

– Thêm vào dung dịch trên một lượng NH_4OH 25% gấp 5 – 7 lần thể tích dung dịch đó rồi đun đến 60 – 70 °C để đuổi NH_3 dư (không được đun đến cạn, dễ gây nổ). Lọc lấy kết tủa $Au(NH_3)_3(OH)_3$, rửa nhiều lần bằng nước cất nóng cho đến hết clo.

– Tính và cân KCN rồi hòa tan thành dung dịch ~ 30%. Dùng dung dịch này để hòa tan kết tủa vàng thu được ở trên sẽ được dung dịch phức $KAu(CN)_2$ trong suốt, không màu, dùng để pha bể mạ.

8.3. MẠ RODI

Rođi, ký hiệu Rh, là kim loại có màu trắng hơi phớt hồng. Trọng lượng riêng 12,4 g/cm^3; trọng lượng nguyên tử 102,91; hóa trị 1 và 3; điện thế tiêu chuẩn của Rh^{2+}/Rh là +0,68 V; đương lượng điện hóa 1,28 g/Ah; điện trở riêng $4,3.10^{-8}$ Ω.m. Nhiệt độ nóng chảy 1966°C.

Rođi có độ bền hóa học cao trong các dung dịch axit HNO_3, HCl, kiềm và các hợp chất lưu hùynh. Khác với bạch kim, rođi không tan trong cường toan (1 thể tích HNO_3 + 3 thể tích HCl). Rođi tan trong H_2SO_4 đặc, trong dung dịch natri bisunfat loãng và trong NaCl nóng chảy khi có mặt của clo.

Tuy rođi rất đắt nhưng vẫn được dùng để mạ vì nó có khả năng phản quang lớn, độ cứng cao cũng như độ chịu mài mòn rất tốt. Hệ số phản quang của rođi lên đến 75%, tức là chỉ thua bạc mà thôi, nhưng không bị giảm đi khi tiếp xúc với các hợp chất lưu hùynh như bạc. Độ cứng của lớp mạ rođi chỉ đứng sau lớp mạ crom. Các thông số về điện của lớp mạ rođi rất ổn định. Có thể thay lớp mạ rođi bằng lớp mạ ruteni có tính chất rất giống nhau nhưng rẻ hơn nhiều.

Lớp mạ rođi được dùng làm mặt phản chiếu trong các dụng cụ quang học, làm lớp chống mờ cho lớp mạ bạc và để tăng độ cứng cho chúng.

Các dung dịch mạ rođi

Dung dịch sunfat

Dung dịch sunfat làm việc ổn định; dễ điều chỉnh, khôi phục; cho lớp mạ dày. Dung dịch được pha chế từ muối rođi và axit sunfuric. Dưới đây là hai dung dịch loại này:

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
$[Rh(H_2O)_x]_2(SO_4)_3$, tính ra Rh	3 – 8 g/l	3 – 10 g/l
H_2SO_4	30 – 80g/l	30 – 100 g/l
Axit sunfamic	–	10 – 30 g/l
i_c, A/dm^2	0,4 – 1,2	1 – 6
Nhiệt độ, °C	15 – 30	15 – 30

Dung dịch 1 để mạ dày đến 3 μm. Dung dịch 2 có cho thêm axit sunfamic để giảm ứng suất nội và để lớp mạ không bị nứt; do đó cho phép thu được lớp mạ kín, ứng suất bé và dày đến 6 μm. Anot bằng rođi kim loại hay titan mạ bạch kim. Tăng mật độ dòng điện sẽ làm giảm hiệu suất dòng điện, còn tăng nồng độ rođi sẽ làm tăng hiệu suất dòng điện.

Chuẩn bị bề mặt trước khi mạ là khâu rất quan trọng đối với mạ rođi. Lớp mạ bóng chỉ có thể thu được trên nền đã đánh bóng tốt. Tăng mật độ dòng điện và nhiệt độ làm cho lớp mạ bị mờ đi. Nồng độ rođi và axit sunfuric có ảnh hưởng đến khả năng phản quang của lớp mạ. Nồng độ rođi cao làm giảm hệ số phản xạ ánh sáng của lớp mạ. Nồng độ axit sunfuric cao sẽ mở rộng được phạm vi cho lớp mạ bóng.

Dung dịch mạ rođi rất nhạy với tạp chất, trước tiên là ion clo, xyanua, hợp chất kiềm, chất hữu cơ. Ion clo làm kết tủa thô, xám và giòn; xyanua và kiềm làm kim loại bị thụ động cục bộ; chất hữu cơ làm tăng ứng suất nội và làm nứt lớp mạ.

Dung dịch photphat

Cho lớp mạ phản quang tốt hơn, nhưng chỉ mạ được dưới 1 μm, dày hơn sẽ bị nứt và sau đó sẽ bong khỏi nền. Thành phần dung dịch và chế độ mạ như sau:

K_3RhCl_6, tính ra kim loại	2 g/l
H_3PO_4	50 g/l
Nhiệt độ	18 – 25 °C
i_c	0,15 A/dm^2
Điện thế	2,5 – 6,0 V
pH	1,1 – 1,3

Hiệu suất dòng điện trong dung dịch này rất thấp. Dung dịch này chủ yếu để mạ bóng rođi. Cần phải thường xuyên điều chỉnh, bổ sung kali clorođiat hoặc rođi hydroxyt.

Dung dịch photphat rất nhạy với tạp chất. Khi đã tích tụ nhiều tạp chất phải tiến hành tái sinh dung dịch bằng cách cho thêm natri fomiat và đun nóng lên. Kết tủa lọc được, dùng HNO_3 để rửa rồi khử bằng dòng hydro trong lò ống ở 700 – 800 °C. Rođi kim loại thu được dùng để pha chế dung dịch mới.

8.4. MẠ BẠCH KIM

Bạch kim, ký hiệu Pt, là kim loại có màu trắng bạc; trọng lượng riêng 21,5 g/cm^3; trọng lượng nguyên tử 195,23; hóa trị +2 và +4; điện thế tiêu chuẩn của Pt/Pt^{2+} là +1,2, của Pt/Pt^{4+} là +0,86 V; đương lượng điện hóa của Pt^{4+} là 1,82 g/Ah; nhiệt độ nóng chảy 1777 °C; điện trở riêng $10,6.10^{-8}$ Ω.m.

Bạch kim rất bền với nhiều môi trường xâm thực; không bị oxy hóa khi nung nóng đến nhiệt độ rất cao. Các chất nóng chảy như kiềm, photpho, xyanua, sunfit và halogenua không tác dụng gì với bạch kim. Trong cường toan bạch kim hòa tan rất chậm. Các hợp kim giữa bạch kim với bạc, chì, vàng hòa tan được trong HNO_3. Lớp mạ bạch kim cũng rất bền hóa nên nhiều trường hợp có thể thay thế cho vật làm toàn bằng bạch kim. Mạ bạch kim được ứng dụng trong nghề kim hoàn, trong chế tạo thiết bị điện tử, trong chế tạo dụng cụ mổ xẻ y tế... Trong tất cả các trường hợp đó, chiều dày lớp bạch kim dao động trong phạm vi từ 1 đến 10 μm. Mạ bạch kim có thể thực hiện bằng phương pháp điện hóa hay bằng phương pháp mạ tiếp xúc.

8.4.1. Các dung dịch mạ bạch kim

– *Dung dịch photphat*: Thuộc loại khá thông dụng, thành phần và chế độ mạ như sau:

H_2PtCl_6	8 g/l
$(NH_4)_2HPO_4$	26 g/l
$Na_2HPO_4.12H_2O$	120 g/l
i_c	0,1 – 0,5 A/dm^2
Nhiệt độ	65 – 70 °C
Hiệu suất dòng điện	15 – 25 %

Khi tăng nồng độ Pt và axit photphoric thì hiệu suất dòng điện tăng lên đôi chút.

Pha chế dung dịch: Hòa tan bạch kim trong cường toan (1 thể tích HNO_3 + 3 thể tích HCl); trung hòa bạch kim clorua bằng xút sẽ thu được natri cloplatinat; đun sôi vài giờ; thêm dinatri photphat và diamoni photphat vào cho đến khi có mùi amoniac; thêm nước đến thể tích đã định.

– *Dung dịch nitrit*: Làm việc ổn định hơn dung dịch photphat, có khả năng phân bố tốt, cho phép dùng mật độ dòng điện cao. Chống ăn mòn rất tốt ngay khi lớp mạ còn rất mỏng. Dung dịch sau cho kết quả rất tốt:

$Pt(NH_3)_2(NO_2)_2$, tính ra Pt	10 g/l
NH_4NO_3	100 – 120 g/l
KNO_2	10 – 12 g/l
NH_4OH	50 – 60 g/l
i_c	8 – 9 A/dm^2
Nhiệt độ	90 – 100°C

Diaminoplatinonitrit $Pt(NH_3)_2(NO_2)_2$ có chứa 60% Pt; hòa tan kém trong nước (0,08 g/l ở 25 °C, 2,32 g/l ở 75 °C), hòa tan tốt trong dung dịch amoniac, khi đó hàm lượng Pt có thể lên đến 10 g/l.

Pha chế dung dịch: Một thể tích dung dịch $PtCl_4.2HCl$ hỗn hợp với 10 thể tích dung dịch KNO_2, đun nóng nhẹ. Pt^{4+} bị khử thành Pt^{2+} và tạo thành $K_2[Pt.(NO_3)_4]$. Muối này khi pha loãng bằng dung dịch NH_4OH 25% sẽ chuyển thành $Pt(NH_3)_2(NO_2)_2$ ở dạng kết tinh, rửa sạch và đem pha chế dung dịch. Chất này hòa tan vào dung dịch NH_4OH 5%, còn các chất khác hòa tan bằng nước rồi đổ chung vào nhau; đun sôi 1 – 2 h trước khi bắt đầu mạ. Anot bằng phoi, băng hay dây Pt.

– *Mạ tiếp xúc bạch kim* từ dung dịch:

$(NH_4)_2PtCl_6$	40 g/l
NH_4Cl	320 g/l
Nhiệt độ	70 – 100 °C
Thời gian	60 ph

Vật mạ xong chải bóng bằng xà phòng.

8.4.2. Thu hồi bạch kim

Pt từ dung dịch cũ hỏng, từ nước rửa được thu hồi dưới dạng platin sunfit. Dung dịch thu hồi được axit hóa bằng HCl rồi sục khí H_2S vào. Kết tủa platin sunfit thu được đem lọc, rửa, sấy và nung trong không khí để khử thành Pt kim loại.

8.5. MẠ PALAĐI

Palađi, ký hiệu Pd, là kim loại mềm, dễ cán kéo, có màu trắng bạc; rẻ nhất trong số các kim loại nhóm platin. Trọng lượng riêng của Pd là 12,0 g/cm^3; trọng lượng nguyên tử 106,7; hóa trị +2 và +4; điện thế tiêu chuẩn của Pd/Pd^{2+} bằng +0,99 V; đương lượng điện hóa của Pd^{2+} là 1,99 g/Ah, của Pd^{4+} là 1,0 g/Ah; điện trở riêng $10,9.10^{-8}$ Ω.m; nhiệt độ nóng chảy 1555 °C.

Palađi hòa tan trong cường toan, HNO_3 và tan chậm trong HCl. Lớp mạ palađi được dùng trong kỹ thuật điện để làm các tiếp điểm có điện trở tiếp xúc không thay đổi trong suốt thời gian sử dụng. Mạ palađi còn dùng để chế tạo các gương phản chiếu hoặc để làm lớp bảo vệ trang sức. Chiều dày lớp mạ thường từ 0,5 đến 5 μm. Có thể mạ trực tiếp Pd lên đồng hay bạc; trên các kim loại khác phải mạ lót đồng hoặc bạc trước.

Các dung dịch mạ palađi

Để mạ palađi thường dùng các loại dung dịch ghi trong bảng 8.6.

Bảng 8.6. Các dung dịch mạ palađi

Thành phần (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch số*			
	1	*2*	*3*	*4*
$PdCl_2$, tính ra palađi	20 – 30	15 – 25	3 – 20	10 – 14
NH_4Cl	15 – 20	–	–	50 – 80
$Na_2HPO_4.12H_2O$	–	–	100 – 130	–
$(NH_4)_2HPO_4$	–	–	15 – 60	–
Axit benzoic	–	–	1,5 – 3,0	–
$NaNO_2$	–	–	–	40 – 80
Amon sunfamat	–	–	–	80 – 100
NH_4OH 25%	–	150 – 250	–	100 – 150
HCl, d =1,19	–	10 – 25	–	–
$(NH_4)_2SO_4$	–	20 – 40	–	–
Sacarin	–	0,8 – 1,2	–	–
i_c, A/dm^2	0,5 – 1,5	1 – 2	0,1 – 0,5	0,5 – 1,0
Nhiệt độ, °C	15 – 30	10 – 30	50 – 75	60 – 80
pH	8,5 – 9,5	4,0 – 4,5	6,5 – 7	6,5 – 7,5

– *Dung dịch amoniclorua* (số 1 và 2): Cho lớp mạ bóng khi độ dày nhỏ hơn 5 μm; dày trên 5 μm cho lớp mạ mờ. Lớp mạ khá dẻo. Hiệu suất dòng điện của dung dịch này

giảm khi tăng mật độ dòng điện hay khi giảm nồng độ Pd. Khả năng phân bố của dung dịch này thấp hơn dung dịch photphat. Dung dịch số 1 để mạ cho vật có hình dạng đơn giản; dung dịch số 2 để mạ cho vật có hình dạng phức tạp. Anot bằng palađi.

– *Dung dịch photphat* (số 3): Làm việc ổn định và ít nhạy với tạp chất hơn dung dịch amonclorua, nhưng dung dịch này cho năng suất thấp và chỉ mạ dày dưới 2 μm. Mạ được cho vật có hình dạng phức tạp. Hiệu suất dòng điện trong dung dịch loãng giảm đi rất nhiều khi tăng mật độ dòng điện, còn trong dung dịch có 5 – 10 g/l Pd thay đổi rất ít. Anot không tan bằng titan mạ Pt hay grafit.

– *Dung dịch sunfamat* (số 4): Cho phép mạ dày đến 100 μm, lớp mạ không có vết nứt, gắn bám chắc với nền. Mạ được cho các vật có hình dạng phức tạp. Hiệu suất dòng điện catot khoảng 50% và chỉ tăng rất ít khi nâng cao mật độ dòng điện. Anot không tan bằng titan mạ Pt, grafit hay anot tan palađi.

– *Pha chế dung dịch*: Dung dịch 2 pha chế bằng cách hòa tan $PdCl_2$ (màu đỏ nâu) vào HCl, đun nóng 70 – 90 °C, khuấy kỹ và thêm NH_4OH 25% vào cho đến khi tan hết. Dung dịch thu được có màu vàng chanh của palađi tetraamonclorua, thêm muối amon và các phụ gia, thêm nước đến thể tích ấn định; mạ xử lý và bắt đầu vận hành.

– *Tái sinh dung dịch cũ*: Thêm HCl vào sẽ sinh ra kết tủa màu vàng cam của palađi diamonclorua. Lọc, rửa kết tủa bằng nước thật lạnh với lượng ít nhất (kẻo nó tan mất) rồi chuyển thành palađi tetra – amoniclorua bằng cách hòa tan chúng trong amoniac.

8.6. MẠ INĐI

Inđi, ký hiệu In, là kim loại màu trắng bạc. Trọng lượng riêng 7,31 g/cm^3; trọng lượng nguyên tử 114,76; hóa trị +3; điện thế tiêu chuẩn 20,35 V; đương lượng điện hóa 1,4 g/Ah. Inđi rất dẻo, dai, chịu mài mòn rất tốt; độ cứng khoảng 40 – 80 MPa (4,0 – 8,1 kg/mm^2). Nhiệt độ nóng chảy rất thấp 150 °C.

Inđi bền trong trong không khí, trong kiềm, trong các axit vô cơ nguội (trừ axit nitric). Có độ bền rất cao trong dầu bôi trơn và các sản phẩm oxy hóa của nó, vì vậy lớp mạ inđi được dùng để mạ các pittông làm việc ma sát trong môi trường dầu bôi trơn... Inđi còn được dùng để mạ gương và các vật phản chiếu ánh sáng vì nó phản xạ được toàn bộ, chiều dày thường từ 0,3 đến 3 μm.

Các dung dịch mạ inđi

– *Dung dịch clorua* có thành phần và chế độ mạ sau:

$InCl_3$	20 – 40 g/l
NaCl	30 – 60 g/l
Gelatin	2 g/l
Tioure	0,5 g/l
i_c	dưới 1,5 A/dm^2
Nhiệt độ	15 – 25 °C
pH	1,5 – 2,2

Kết tủa kín, mịn, đồng đều.

– *Dung dịch sunfat* có thành phần và chế độ mạ sau:

$In_2(SO_4)_3.9H_2O$	50 – 70 g/l
$Na_2SO_4.10H_2O$	10 – 15 g/l
i_c	1 – 2 A/dm^2
Nhiệt độ	15 – 25 °C
pH	2,0 – 2,7
Anot	inđi hay grafit

8.7. MẠ RUTENI

Ruteni, ký hiệu Ru, là kim loại có màu trắng bạc, phản quang tốt. Trọng lượng riêng 12,4 g/cm^3, trọng lượng nguyên tử 101, hóa trị +4 và +8; nhiệt độ nóng chảy 2250 °C.

Ruteni và rođi có nhiều tính chất rất giống nhau trong việc hình thành lớp mạ, mặt khác ruteni lại rẻ hơn rođi nhiều. Vì vậy mà mạ ruteni thường được ưa dùng hơn.

Có thể mạ ruteni bóng, cứng, không nứt, dày đến 1,5 μm trên đồng thau từ dung dịch sau:

$(NH_4)_3(Ru_2NCl_8.2H_2O)$	12 g/l
HCl	đến pH 1
Amon sunfamat	10 g/l
Nhiệt độ	70 °C
i_c	1 A/dm^2

Khi mạ, nồng độ axit tăng dần lên, cần dùng NH_4OH 1 : 1 để điều chỉnh lại pH. Anot không tan bằng bạch kim hay titan mạ bạch kim. Cũng có thể mạ ruteni bóng, cứng, không nứt khi dày đến 2,5 μm trên nền đồng thau từ dung dịch sau:

$K_3(Ru_2NCl_8.2H_2O)$	10 g/l
HCl	đến pH 1,3
Amon fomiat	10 g/l
Nhiệt độ	70 °C
i_c	0,8 A/dm^2

Amon fomiat có tác dụng ngăn cản RuO_4 hình thành trên anot nên đã cho phép mạ dày hơn mà không bị nứt.

Chương 9
MẠ HỢP KIM

Điều kiện để hai ion kim loại M_1 và M_2 phóng điện đồng thời kết thành hợp kim là điện thế phóng điện E của chúng phải bằng nhau:

$$E_{M1} = E_{M2}$$

hay $$E^0_{M1} + (RT/nF)\ln a_{M1} - \eta_{M1} = E^0_{M2} + (RT/nF)\ln a_{M2} - \eta_{M2}$$

Trong đó E – điện thế phóng điện, V;

E^0 – điện thế tiêu chuẩn của M (xem bảng 1.9);

R – hằng số khí (8,314 J/mol.°K);

T – nhiệt độ tuyệt đối (°K);

n – số điện tử trao đổi;

F – hằng số Faraday (96500 culong);

a – hoạt độ ion kim loại;

η – quá thế phóng điện,V.

Để hai vế của phương trình này bằng nhau chỉ có cách thay đổi a và η.

Thay đổi a bằng cách thay đổi nồng độ các ion kim loại M.

Thay đổi η bằng cách dùng chất hoạt động bề mặt, chất tạo phức với M, thay đổi nhiệt độ, tăng cường đối lưu dung dịch...

9.1. HỢP KIM ĐỒNG

9.1.1. Hợp kim Cu – Zn

Hợp kim Cu – 70% Zn có màu vàng, Cu – 20% Zn có màu trắng, dùng làm lớp mạ lót cho mạ Ni, Sn, Ag, Au... làm lớp gắn bám cao su lên kim loại, dùng thay cho lớp mạ Ni trên các vật mau hỏng, rẻ tiền. Vì Cu và Zn có điện thế tiêu chuẩn khác nhau quá nhiều (trên 1 V) nên phải mạ hợp kim này từ dung dịch phức. Trong dung dịch phức chúng có điện thế gần nhau hơn, ví dụ ở 18 °C dung dịch 0,1M $K_2Cu(CN)_3$ có điện thế cân bằng là –0,9 V, dung dịch 0,1M $K_2Zn(CN)_4$ có điện thế cân bằng là –1,1 V nên có nhiều khả năng làm cho chúng có điện thế phóng điện bằng nhau để trở thành hợp kim.

Bảng 9.1. Các dung dịch mạ hợp kim Cu – Zn

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch*				
	Xyanua 1	*Xyanua 2*	*Pyro – photphat*	*Etylen – diamin*	*Tatrat*
CuCN	26 – 40	15 – 20	–	–	–
$Zn(CN)_2$	9 – 12	80 – 85	–	–	–
KCN tổng	45 – 120	45 – 120	–	–	–
KCO_3 (hoặc Na_2CO_3)	0 – 30	0 – 30	10 – 30	–	–
NH_4OH (25%)	1 – 3 ml/l	1 – 3 ml/l	–	–	–
$CuSO_4.5H_2O$	–	–	1 – 2	20	40 – 55
$ZnSO_4.7H_2O$	–	–	0,8 – 1,5	40	35 – 55
$Na_4P_2O_7$	–	–	50 – 60	–	–
$H_2C_2O_4$ (axit oxalic)	–	–	0 – 10	–	–
H_3BO_3	–	–	0 – 8	–	–
$(NH_4)_2SO_4$	–	–	–	45	–
$NH_2CH_2CH_2NH_2$ (100%)	–	–	–	30	–
Gelatin	–	–	–	0,5	–
$KNaC_4H_4O_6$	–	–	–	–	380 – 420
NaOH	–	–	–	–	80 – 100
pH	10 – 11,5	10 – 11,5	8,0 – 9,4	–	–
Nhiệt độ, °C	25 – 45	25 – 45	Phòng	Phòng	45 – 50
i_c, A/dm²	0,3 – 1	0,3 – 1	0,3 – 1,0	0,5 – 1,4	1 – 1,5
Anot	Cu70% – Zn30%	Cu20% – Zn80%	Đồng vàng		

Các dung dịch mạ Cu – Zn kê trong bảng 9.1.

Dung dịch xyanua 1 cho lớp mạ màu vàng có 70% Cu và 30% Zn; nồng độ xyanua tự do cao và nhiệt độ thấp sẽ làm giảm hàm lượng Cu trong thành phần hợp kim; NH_4OH có tác dụng giữ ổn định thành phần hợp kim. Bảng 9.2 ghi những sự cố thường gặp, nguyên nhân và cách khắc phục.

Dung dịch xyanua 2 cho lớp mạ màu trắng, có 5 – 20% Cu, dùng thay lớp mạ Ni (xem bảng 9.2).

Dung dịch pyrophotphat cho lớp mạ màu vàng, thích hợp cho mạ tĩnh.

Dung dịch etylendiamin $NH_2CH_2CH_2NH_2$ cho lớp mạ có tác dụng gắn rất chắc cao su lên kim loại.

Dung dịch tatrat cần khuấy mạnh bằng khí nén.

Bảng 9.2. Hư hỏng, nguyên nhân và cách khắc phục của bể mạ Cu – Zn xyanua

Hư hỏng	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Vùng mật độ dòng điện cao cho lớp mạ mờ, nâu xỉn và khí H_2 thoát ra mạnh	1. Thành phần dung dịch không đúng. Phân tích và chỉnh lại. 2. Nồng độ NaCN quá cao. Thêm CuCN và pha loãng. 3. Mật độ dòng điện quá cao. Giảm bớt i_c. 4. Thiếu chất bóng (trường hợp mạ bóng). Bổ sung.
Lốm đốm nâu ở vùng mật độ dòng điện cao	1. Thiếu chất ổn định NH_4OH. Bổ sung. 2. Nồng độ Na_2CO_3 quá lớn. Pha loãng dung dịch.
Lớp mạ có sọc, lốm đốm ở mọi mật độ dòng điện	Thiếu chất ổn định. Bổ sung.
Lớp mạ đỏ đều ở vùng mật độ dòng điện thấp	1. Thiếu NaCN. Thêm dần mỗi lần 2 g/l. 2. pH quá cao. Chỉnh pH đến 9,5 bằng $NaHCO_3$.

9.1.2. Hợp kim Cu – Sn

Hợp kim chứa 2 – 3% Sn có màu của đồng; chứa 15 – 20% Sn có màu vàng kim, chống ăn mòn tốt trong nước ngọt ở 90 – 100 °C, rất thông dụng; chứa trên 35% Sn có màu trắng bạc, nhiều lỗ xốp, chống ăn mòn kém; chứa 40 – 45% Sn có màu trắng đẹp, có thể nhuộm thành màu đen bằng cách anot hóa trong NaOH 20%, có độ cứng và điện trở riêng cao nhất của loại hợp kim này, có hệ số phản quang 65 – 66% (lớn hơn crom); hợp kim chứa 75% Sn có điện trở riêng 0,189 $\Omega.mm^2/m$ và hợp kim chứa 40% Sn có điện trở riêng 0,248 $\Omega.mm^2/m$ được dùng trong một số tiếp điểm thay cho bạc làm việc ở môi trường có mặt các hợp chất của lưu huỳnh S.

Hợp kim chứa 15 – 20% Sn mạ từ dung dịch sau:

Cu (từ CuCN)	15 – 18 g/l
Sn (từ $SnCl_2$ hay từ hòa tan anot Sn)	23 – 28 g/l
KCN (tự do)	26 – 28 g/l
NaOH (tự do)	9,5 – 10 g/l
Nhiệt độ	65 °C
i_c	2 – 3 A/dm^2
i_a	2,7 – 3 A/dm^2
Hiệu suất dòng điện anot và catot	70 – 75%

Theo quá trình làm việc, nồng độ KCN và NaOH giảm đi, tỷ lệ nồng độ Cu và Sn trong dung dịch thay đổi dần, phải định kỳ phân tích và điều chỉnh lại (1 – 2 lần/tháng).

Hợp kim chứa 40 – 45% Sn mạ từ dung dịch sau:

Cu (từ CuCN)	8 – 12 g/l
Sn (từ $SnCl_2$ hay từ hòa tan anot Sn)	40 – 45 g/l
KCN (tự do)	8 – 15 g/l
NaOH (tự do)	8 – 20 g/l
Nhiệt độ	60 – 65 °C
i_c	1,5 – 3 A/dm^2
i_a	1,5 – 2 A/dm^2

Hiệu suất dòng điện catot 65 – 80%.

Có thể dùng chất bóng là amin mạch thẳng hay mạch vòng.

Hợp kim Cu – 54% Sn mạ từ dung dịch sau:

CuCN	16 – 19 g/l
$SnSO_4$	11 – 12 g/l
KCN	20 – 25 g/l
$K_4P_2O_7$	40 – 90 g/l
K_3PO_4	7 – 10
Keo	0,1 g/l
Nhiệt độ	60 – 70 °C
i_c	3 A/dm^2

Lớp mạ bóng, dung dịch ổn định và khả năng phân bố tốt.

Hợp kim Cu – 50% Sn mạ từ dung dịch sau:

CuF_2	9 – 10 g/l
$SnCl_2$	23 – 25 g/l
$K_4P_2O_7.3H_2O$	350 g/l
Gelatin	0,2 – 0,4 g/l
pH	8
i_c	8 A/dm^2

Anot dùng hợp kim 50% Cu – 50% Sn; tăng i_c và giảm nhiệt độ sẽ làm tăng hàm lượng Sn trong lớp mạ. Cần khuấy liên tục.

Hợp kim Cu – Sn màu vàng kim mạ từ dung dịch không độc sau đây:

$CuSO_4.5H_2O$	30 – 50 g/l
$SnSO_4$	30 – 50 g/l
H_2SO_4	50 – 100 g/l
Phenol	5 – 10 g/l
Gelatin	1,5 – 3 g/l
Tioure	0,005 g/l
i_a và i_c	0,5 – 1 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Hiệu suất dòng điện	100%
Anot	hợp kim 90% Cu – 10% Sn

Mật độ dòng điện i_c bé, hợp kim catot giàu đồng nên có màu hồng, i_c lớn hợp kim catot giàu Sn nên có màu xám sáng, vì vậy để sản phẩm có màu sắc đồng nhất phải treo thưa và tiếp điện tốt giữa vật mạ và khung treo, đảm bảo cho i_c được đồng đều trên toàn bộ catot.

Pha chế dung dịch: Lấy 60% tổng lượng nước cần thiết, rót từ từ H_2SO_4 vào, hòa tan $SnSO_4$ vào dung dịch axit đó. Lắng, gạn bỏ cặn không tan rồi đổ vào dung dịch $CuSO_4$ (hoà tan riêng từ trước), khuấy. Phenol hòa tan riêng vào nước 50 – 60 °C; gelatin ngâm trương rồi hòa tan riêng với nước 50 – 60 °C; rót hai dung dịch này vào dung dịch chính ở trên, khuấy đều. Tioure hòa tan riêng vào nước rồi đổ chung vào, khuấy.

9.1.3. Hợp kim Cu – Pb

Hợp kim Cu – Pb chịu mài mòn tốt. Muối chì sunfat và clorua ít tan nên thường dùng dung dịch từ muối xyanua hay nitrat. Lớp mạ chứa 28 – 30% Pb cho chất lượng tốt được kết tủa từ dung dịch xyanua sau đây:

CuCN	150 g/l
$Pb(CH_3COO)_2$	75 g/l
NaCN	150 g/l
NaOH	40 g/l
$KNaC_4H_4O_6$	200 g/l
i_c	3 A/dm^2
Nhiệt độ	40 °C

Dung dịch nitrat cho chất lượng kém hơn nhưng vận hành đơn giản:

$Cu(NO_3)_2$	10 – 12 g/l
$Pb(NO_3)_2$	100 – 300 g/l
KNO_3	50 g/l
HNO_3	4 – 5 g/l
i_c	0,75 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

Ngoài ra còn có thể dùng dung dịch peclorat, pyrophotphat, gyxerat–kiềm.

9.1.4. Hợp kim Cu – Ni và Cu – Co

Hợp kim Cu – Ni dùng để trang sức – bảo vệ. Loại giàu Ni (monel metal) dùng trong chế tạo máy hóa chất, loại giàu Cu (melkhor) dùng trong chế tạo tàu biển. Màu sắc thay đổi theo thành phần lớp mạ, từ hồng đến xám sáng.

Dung dịch pyrophotphat mạ Cu – Ni có thành phần sau:

Thành phần và chế độ mạ	*Cu – (60 – 70%) Ni*	*Cu – (20%) Ni*
Ni (tính ra kim loại)	100 g/l	65 – 70 g/l
Cu (tính ra kim loại)	6 – 7 g/l	30 – 35 g/l
$K_4P_2O_7$ (tự do)	65 – 70 g/l	65 – 70 g/l
$KNaC_4H_4O_6$	25 – 30 g/l	25 – 30 g/l
pH	9,2 – 9,6	9,2 – 9,6
i_c	0,5 – 1 A/dm^2	1,5 – 2 A/dm^2
Nhiệt độ	70 °C	60 °C

Anot có thành phần như hợp kim catot. Muối tatrat $KNaC_4H_4O_6$ để chống thụ động Ni trong anot hợp kim. Diện tích anot bằng diện tích catot. Dung dịch thứ hai cần khuấy. Thành phần lớp mạ phụ thuộc tỷ lệ nồng độ Cu^{2+}/Ni^{2+} trong dung dịch. Giảm i_c, nhiệt độ, khuấy sẽ làm giảm thành phần Ni trong hợp kim mạ.

Hợp kim Cu – Co có từ tính yếu, dùng trong thiết bị đo lường. Dung dịch pyrophotphat mạ hợp kim này có thành phần và chế độ sau:

Cu + Co (tính ra tổng các kim loại)	10 g/l
$K_4P_2O_7$ (tự do)	320 – 360 g/l
Amon xitrat $(NH_4)_3C_6H_5O_7$	40 – 60 g/l
pH	8,5 – 9
i_c	1,0 – 1,5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

Anot đồng, Co bổ sung dưới dạng muối pyrophotphat. Hợp kim thu được có hàm lượng Co từ 55 đến 99%.

9.1.5. Hợp kim Cu – Cd

Hợp kim Cu – Cd chống mài mòn tốt, màu sắc đẹp (dùng giả vàng).

Hợp kim 75 – 95% Cu và 5 – 15% Cd kết tủa từ dung dịch xyanua sau:

CuCN	22 – 30 g/l
$Cd(CN)_2$	3 – 4 g/l
NaCN (tự do)	7 – 8 g/l
i_c	0,2 – 1 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

Hợp kim Cu – Cd có chứa 5 – 10% Cd được mạ từ dung dịch:

$CuSO_5.5H_2O$	85 – 90 g/l
$CdSO_4.8/3H_2O$	20 – 25%
$KNaC_4H_4O_6$	250 – 300 g/l
NaOH	65 – 70 g/l
Trilon B	50 – 70 g/l
i_c	0,5 – 0,6 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

9.1.6. Hợp kim Cu – Zn – Sn

Có thể thu được hợp kim này với thành phần và màu sắc rất khác nhau (từ xám bạc đến vàng kim), chúng có độ cứng cao, chịu mài mòn tốt, bảo quản lâu hàn vẫn dễ, bảo vệ chống ăn mòn cho chi tiết có ren, chính xác .

Lớp mạ màu vàng kim thu được từ dung dịch sau:

CuCN	20 g/l
ZnO	6 g/l
$Na_2SnO_3.3H_2O$	2,5 g/l
NaCN	50 g/l
Na_2CO_3	7,5 g/l
pH	12,7 – 13,1
i_c	2,5 – 5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

Anot có thành phần như lớp mạ catot.

Dung dịch làm việc ổn định. Màu sắc lớp mạ thay đổi theo nhiệt độ và mật độ dòng điện.

9.2. HỢP KIM CHÌ

9.2.1. Hợp kim Pb – Sn

Hợp kim Pb – Sn dùng để chống ăn mòn, chống mài mòn, tăng tính dễ hàn.

Các dung dịch floborat mạ Pb – Sn như sau:

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch1*	*Dung dịch 2*	*Dung dịch 3*
$Pb(BF_4)_2$ tính ra Pb, (g/l)	60 – 90	25 – 45	25
$Sn(BF_4)_2$ tính ra Sn, (g/l)	6 – 10	35 – 60	60
HBF_4 tự do, (g/l)	50 – 100	40 – 120	300
H_3BO_3, (g/l)	25 – 40	25 – 40	25 – 40
Pepton, (g/l)	0,5 – 1,0	0,01 – 3	–
Chất ức chế tổng hợp, (g/l)	–	–	3

Hydroquinon, (g/l)	0,8 – 1,0	0,78 – 1,0	–
Formalin, (ml/l)	–	–	20
i_c , A/dm^2	1 – 2	1 – 3	4 – 12
Nhiệt độ ,^{o}C	18 – 25	18 – 25	18 – 25
Tỷ lệ Sn trong lớp mạ, %	8 – 12	40 – 60	58 – 62
Anot Pb	58 – 62% Sn	58 – 62%	Sn
Ứng dụng	chống mài mòn	để dễ hàn	để dễ hàn

Khả năng phân bố của các dung dịch này không lớn. Thành phần hợp kim catot phụ thuộc vào tỷ lệ nồng độ Pb^{2+}/Sn^{2+} trong dung dịch, vào mật độ dòng điện, nhiệt độ, khuấy...

Dung dịch phenolsunfonat $C_6H_4OHSO_3H$ mạ hợp kim Pb – Sn có thành phần và chế độ mạ như sau:

$Pb(C_6H_4OHSO_3)_2$	40 g/l
$Sn(C_6H_4OHSO_3)_2$	105 g/l
$C_6H_4OHSO_3H$ tự do	40 g/l
Pepton	2 g/l
i_c	0,5 – 2,5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Hiệu suất dòng điện	100%

Dung dịch làm việc ổn định.

Dung dịch sunfamat HSO_3NH_2mạ hợp kim Pb – Sn chứa 20 – 60% Sn như sau:

$Pb(SO_3NH_2)_2$	42 – 110 g/l
$Sn(SO_3NH_2)_2$	60 – 120 g/l
HSO_3NH_2	70 – 120 g/l
Xetiltrimetilamonibromit (chất bóng)	1,5 – 10 g/l
i_c	0,5 – 1,5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

9.2.2. Hợp kim Pb – In

Hợp kim chì – inđi chịu mài mòn rất tốt ở những nơi làm việc với áp suất cao, tốc độ trượt lớn như các bạc của gối đỡ trục. Thành phần lớp mạ đồng đều trên toàn bộ chiều dày.

Hợp kim Pb – (10 – 12%) In được mạ từ dung dịch floborat sau đây:

$Pb(BF_4)_2$, tính ra Pb	80 – 100 g/l
$In(BF_4)_3$, tính ra In	20 – 25 g/l
HBF_4	10 – 20 g/l
i_c	1 – 3 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

Pha chế dung dịch: Hòa tan chì cacbonat hay PbO vào dung dịch axit floboric HBF_4 (xem 5.1.1) để được $Pb(BF_4)_2$. Chất $In(BF_4)_2$ tự chế tạo lấy theo hai cách sau:

– Hoá học: hòa tan 1 g In vào axit HBF_4, để tan được nhanh cần thêm 1 – 2 ml H_2O_2 30%, khi hòa tan xong phải đun nóng để đuổi hết lượng H_2O_2 dư.

– Điện hóa: hòa tan anot In trong dung dịch HBF_4 với i_c 5 A/dm^2 .

9.2.3. Hợp kim Pb – Sn – Zn

Hợp kim ba nguyên chì – thiếc – kẽm chống ăn mòn và mài mòn ở nhiệt độ cao rất tốt, thường mạ cho các chi tiết của động cơ đốt trong. Lớp mạ có thành phần Pb 91 – 93,5%, Sn 6 – 8%, Zn 0,5 – 5% được mạ từ dung dịch floborat sau:

$Pb(BF_4)_2$, tính ra Pb	30 – 50 g/l
$Sn(BF_4)_2$, tính ra Sn	5 – 8 g/l
$Zn(BF_4)_2$, tính ra Zn	0,3 – 0,6 g/l
HBF_4	45 – 180 g/l
i_c	1 – 1,5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Anot là hợp kim	Pb 93,25% – Sn 6% – Zn 0,75%

9.2.4. Hợp kim Pb – Sn – Cu

Hợp kim chì – thiếc – đồng dùng để mạ chống mài mòn cho bạc trục, gối đỡ, bạc trượt... Dung dịch thường dùng như sau:

$Pb(BF_4)_2$, tính ra Pb	40 – 45 g/l
$Sn(BF_4)_2$, tính ra Sn	5 – 7g/l
$Cu(BF_4)_2$, tính ra Cu	0,4 – 0,8 g/l
HBF_4 đến	200 g/l
Gelatin	1 g/l
pH	0,4 – 0,8
i_c	1 – 1,5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Anot là hợp kim	Pb 92,5% – Sn 7,5%

Hàm lượng đồng trong dung dịch được bổ sung định kỳ ở dạng hóa chất. Hợp kim catot thu được có thành phần Pb 90 – 93%, Sn 6 – 9%, Cu 0,75 – 2%.

Hợp kim Pb – Sn – Ag cũng có tính chất và ứng dụng tương tự, thường được mạ từ dung dịch pyrophotphat.

9.2.5. Hợp kim Pb – Sn – Sb

Hợp kim ba nguyên chì – thiếc – antimon chịu mài mòn và xói mòn tốt hơn hẳn hợp kim hai nguyên Pb – Sn, nên được dùng làm lớp mạ chịu mài mòn như Pb – Sn – Cu. Lớp mạ có thành phần Pb 82%, Sn 11%, Sb 7% thu được từ dung dịch sau:

$Pb(BF_4)_2$	100 g/l
$Sn(BF_4)_2$	30 g/l
$Sb(BF_4)_3$	5 – 6 g/l
HBF_4	80 g/l
H_3BO_3	25 g/l
Hydroquinon	0,5 g/l
Pepton	15 g/l
i_c	4 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Anot là hợp kim	Pb 88% – Sn 0, 5 – 1% – Sb 5 – 6%

Lớp mạ có thành phần Pb 93 – 94,5%, Sn 0,5 – 1%, Sb 5 – 6% dày 20 – 30 μm, sau đó mạ crom xốp lên được dùng chống mài mòn và ăn mòn cho ổ trượt, gối đỡ rất tốt.

9.3. HỢP KIM THIẾC

9.3.1. Hợp kim Sn – Zn

Hợp kim thiếc – (20 – 25%) kẽm chống ăn mòn khí quyển có độ ẩm cao, nhiệt độ dao động lớn tốt hơn kẽm và để lâu vẫn dễ hàn. Hợp kim Sn – 20% Zn được dùng nhiều trong công nghệ sản xuất máy thu hình, thu thanh và các máy điện tử, vô tuyến khác.

Để có lớp mạ chứa 20 – 30% Zn dùng dung dịch kiềm – xyanua sau:

$Na_2SnO_3.3H_2O$, tính ra Sn	26 – 36 g/l
$Zn(CN)_2$, tính ra Zn	1,5 – 3 g/l
NaOH	10 – 12 g/l
NaCN	15 – 20 g/l
i_c	2 – 3 A/dm^2
i_a	1 – 2 A/dm^2
Nhiệt độ	65 – 70 °C
Hiệu suất dòng điện	60 – 70%
Anot là hợp kim (đã thụ động trước)	Sn – (20 – 30%) Zn

Thụ động anot bằng cách trước khi mạ cho điện phân với i_a lớn.

Nồng độ thiếc trong dung dịch ít ảnh hưởng đến thành phần lớp mạ hợp kim. Tăng nồng độ NaOH hay giảm nồng độ NaCN sẽ làm tăng Zn trong lớp mạ. Giảm nhiệt độ sẽ làm tăng Sn trong lớp mạ và giảm hiệu suất dòng điện.

Có thể mạ Sn – Zn trong dung dịch pyrophotphat không độc sau:

$SnCl_2.2H_2O$	30 – 36 g/l
ZnO	4 – 6 g/l
$K_4P_2O_7$	140 – 156 g/l
NH_4Cl	100 – 125 g/l
Gelatin	0,4 – 0,5 g/l
i_c	0,5 – 0,6 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

9.3.2. Hợp kim Sn – Ni

Lớp mạ hợp kim thiếc (35 – 40%) – kền có màu trắng hồng, dùng để trang sức – bảo vệ độc đáo và lạ mắt hơn crom. Mạ hợp kim Sn – Ni bóng trên lớp lót Cu thường để thay cho hệ mạ ba lớp Cu/Ni/Cr trên nền thép, dùng cho các vật tiếp xúc liền khối nhau, vật ép vào chất dẻo, mũ pin điện... Để có hợp kim 65% Sn và 35% Ni dùng dung dịch sau:

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
$NiCl_2.6H_2O$	250 – 300 g/l	25 g/l
$SnCl_2.2H_2O$	40 – 50 g/l	60 – 72 g/l
NH_4F	60 – 65 g/l	–
Axit quinolinsunfonic	1,5 g/l	–
$K_4P_2O_7.3H_2O$	–	350 g/l
Etylendiamin (20%)	–	15 ml/l
Hydrazin	–	8 ml/l
pH	4,5	8,2 – 8,5
i_c, A/dm^2	0,5 – 4,0	0,5 – 1,5
i_a trung bình, A/dm^2	0,5 – 1	–
Nhiệt độ, °C	45 – 55	50
Hiệu suất dòng điện, %	96 – 98	85 – 95
Anot	Ni hoặc hợp kim 30% Ni – 70% Sn	

Dung dịch 1 ăn mòn mạnh. Khi pha chế, hòa tan $NiCl_2$ vào nước, thêm NH_4F rồi $SnCl_2$ vào. Sau khi cho được 1/2 lượng NH_4F dung dịch sẽ đục do muối kền, thêm $SnCl_2$ dung dịch sẽ trong suốt trở lại, thêm tiếp phần NH_4F còn lại dung dịch không bị vẩn đục bởi những hạt lớn nữa.

Dung dịch 2 không ăn mòn thiết bị. Độ cứng 4000 – 5000 MPa (408 – 510 kg/mm^2) Chịu mài mòn tốt hơn lớp mạ Ni.

Cũng có thể mạ hợp kim này từ dung dịch pyrophotphat sau:

$Sn_2P_2O_7$	20 – 22 g/l
$NiCl_2.6H_2O$	45 – 50 g/l
$K_4P_2O_7$ (tính theo $P_2O_7^{4-}$)	130 – 135 g/l
Amon xitrat $(NH_4)_3C_6H_5O_7$	10 g/l
pH	8,5 – 9,2
i_c	0,5 – 6 A/dm²
Nhiệt độ	60 °C
Hiệu suất dòng điện	65 – 90%

9.3.3. Hợp kim Sn – Sb

Hợp kim Sn – Sb khắc phục được hiện tượng "mụn thiếc" hay biến tính từ trắng sang xám của lớp mạ Sn, giữ được tính dễ hàn sau thời gian dài bảo quản. Hợp kim Sn – 10% Sb được mạ từ dung dịch sau:

$SnCl_2.2H_2O$	50 – 55 g/l
SbF_3	5 – 6 g/l
HCl	100 g/l
NH_4F	75 g/l
Gelatin	2 g/l
Phenol (kỹ thuật)	10 g/l
i_c	1 – 3 A/dm²
Nhiệt độ	60 – 70 °C
Hiệu suất dòng điện	95 – 100%
Anot	thiếc

Ngừng làm việc phải lấy anot ra khỏi bể. Sb bổ sung vào dung dịch dưới dạng muối.

9.3.4. Hợp kim Sn – Bi

Hợp kim thiếc–bitmut (giống như hợp kim Sn – Sb) khắc phục được hiện tượng biến tính từ trắng sang xám, giữ được tính dễ hàn lâu dài. Hợp kim Sn – (0,5 – 2%) Bi có thể mạ từ dung dịch kiềm – stanat sau:

Kali stanat	K_2SnO_3 25 – 750 g/l
Kali bitmutat	$KBiO_3$ 0,06 – 1,4 g/l
KOH	5 – 35 g/l
i_c	1 – 20 A/dm²
Nhiệt độ	60 °C
Anot	thép

Cũng có thể dùng dung dịch pyrophotphat–trilon B như sau:

$SnCl_2.2H_2O$	45 – 55 g/l
$BiCl_3$	0,15 – 1,0 g/l
$Na_4P_2O_7.10H_2O$	140 – 175 g/l
Trilon B	5 – 10 g/l
Gelatin	0,2 – 0,5 g/l
pH	4,5 – 5,5
i_c	1 – 2 A/dm^2
Nhiệt độ	50 – 65 °C
Hiệu suất dòng điện	65 – 80%

9.4. HỢP KIM KẼM VÀ HỢP KIM CAĐIMI

9.4.1. Hợp kim Cd – Zn

Hợp kim 85 – 90% cađimi và 10 – 15% kẽm có độ bền chống ăn mòn tốt hơn cả Cd và Zn, chúng được mạ từ dung dịch sau:

$Cd(CN)_2$ (tính theo Cd)	48 – 50 g/l
$Zn(CN)_2$ (tính theo Zn)	6 – 7 g/l
KCN	200 g/l
KOH	55 – 60 g/l
i_c	1 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

Anot là hợp kim có thành phần giống lớp mạ.

9.4.2. Hợp kim Cd – Sn

Hợp kim cađimi có 25 – 30% thiếc chống ăn mòn rất tốt, được dùng trong chế tạo máy bay.

Dung dịch floborat mạ hợp kim có 60 – 70% Cd và 30 – 40% Sn như sau:

$Cd(BF_4)_2$	250 – 300 g/l
$Sn(BF_4)_2$	15 – 20 g/l
NH_4BF_4	50 – 60 g/l
NH_4CNS	4 – 6 g/l
H_3BO_3	10 – 15 g/l
Keo da/Gelatin	1 – 3 g/l
pH	1,5 – 2,0
i_c	1 – 2 A/dm^2
i_a	3 – 5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng

Anot có thành phần tương tự như hợp kim catot.

Tăng i_c, tăng nồng độ NH_4BF_4 sẽ làm giảm Sn trong hợp kim. Tăng khuấy sẽ làm tăng Sn trong hợp kim. Tăng nhiệt độ sẽ làm giảm Sn trong hợp kim và giảm chất lượng lớp mạ.

9.4.3. Hợp kim Zn – Ni

Hợp kim kẽm – 2% kền bảo vệ tốt hơn kẽm trong điều kiện độ ẩm cao, nhiệt độ biến động, dùng lâu không bị mờ xỉn. Nó là lớp mạ anot đối với sắt thép và có độ cứng cao gấp đôi lớp mạ kẽm. Dung dịch mạ hợp kim Zn – 2% Ni như sau:

Zn (tính theo kim loại)	32 g/l
Ni (tính theo kim loại)	0,15 – 0,75 g/l
NaCN	85 – 100 g/l
NaOH	68 g/l
i_c	1 – 3 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Hiệu suất dòng điện	80 – 96%

Pha chế dung dịch xong phải mạ xử lý với i_c 2 – 3 A/dm^2 trong 3 – 5 h.

Mạ xong cromat hóa lớp mạ trong dung dịch: CrO_3 150 g/l, H_2SO_4 (1,84) 4ml/l trong 10 s ở nhiệt độ phòng. Lớp mạ bóng sáng, đẹp.

Hợp kim kẽm – (13 – 28%) kền chống ăn mòn tốt nhất trong họ hợp kim này. Hợp kim mạ có 25% Ni trở thành lớp mạ catot đối với sắt thép. Dung dịch sau đây cho lớp mạ chứa 15 – 25% Ni:

ZnO	15 g/l
$NiCl_2.6H_2O$	35 – 90 g/l
NH_4Cl	250 g/l
H_3BO_3	20 g/l
pH	6,5 – 6,8
i_c	0,5 – 2 A/dm^2
Nhiệt độ	40 °C

9.4.4. Hợp kim Cd – Ni

Hợp kim cađimi – (8 – 23%) kền có cơ tính tốt, chống ăn mòn tốt, được dùng trong điều kiện khắc nghiệt: độ ẩm lớn, nhiệt độ cao, trong buồng đốt nhiên liệu hữu cơ.

Dung dịch sunfamat mạ hợp kim này như sau:

$Cd(H_2NSO_3)_2$	15 g/l
$Ni(H_2NSO_3)_2$	125 g/l
Glycocol	60 g/l
Gelatin (y tế)	2 g/l
Axit naphtadisunfonic	2 g/l
pH	3,2 – 4
i_c	0,75 – 1,5 A/dm^2
Nhiệt độ	40 – 45 °C
Hiệu suất dòng điện	55 – 75%

Dùng anot tổ hợp bằng các tấm Cd và Ni riêng, được điều chỉnh mật độ dòng điện anot riêng cho từng loại: với cađimi i_a = 0,7 A/dm^2, với kền i_a = 0,4 A/dm^2. Tỷ lệ diện tích giữa các anot S_{Cd}/S_{Ni} = 1/3.

9.5. HỢP KIM NHÓM SẮT (Fe, Ni, Co)

9.5.1. Hợp kim Ni – Fe

Hợp kim mạ pecmaloy 20% Fe – 80% Ni từ tính được dùng trong chế tạo linh kiện điện, điện tử, máy nghe nhìn, máy tính điện tử...(dung dịch 1). Thêm chất bóng của Ni vào dung dịch sẽ được lớp mạ Ni – Fe bóng (dung dịch 2) dùng để bảo vệ trang sức như lớp mạ Ni bóng hoặc dùng để mạ đúc, làm khuôn mẫu... Các dung dịch cho lớp mạ chứa 20 – 25% Fe như sau:

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
$NiSO_4.7H_2O$, g/l	125	250 –300
$FeSO_4.7H_2O$, g/l	25	15 – 30
NH_4Cl, g/l	10 – 15	–
NaCl, g/l	–	20 – 30
H_3BO_3, g/l	–	20 – 30
Axit xitric, g/l	–	10 – 35
Phụ gia LTI – 2, g/l	15 – 25	–
Sacarin, g/l	–	2 – 4
1,4–Butindiol, g/l	–	0 – 0,2
Natri laurinsunfat, g/l	0 – 0,1	0 – 0,1
pH	2,8 – 3,5	2,8 – 3,2
i_c, A/dm^2	3 – 7	2 – 6
Nhiệt độ, °C	40 – 50	50 – 60

9.5.2. Hợp kim Ni – Co

Hợp kim mạ kền – coban chủ yếu dùng làm lớp phủ từ cứng, làm cốt đúc ép chất dẻo. Lớp mạ từ tính được dùng trong việc chế tạo bộ ghi âm, ghi tin, chống nhiễu, dẫn từ... Hợp kim 30% Ni – 70% Co có lực kháng từ H_c lớn nhất. Cảm ứng từ dư tăng từ 0,7 đến 1,1 Tl khi lượng Co tăng từ 20 lên 80% trong hợp kim. Nhiệt độ, mật độ dòng điện, pH... ảnh hưởng nhiều đến tính chất từ của hợp kim mạ (xem mục 4.6).

Hợp kim từ tính Ni – (65 – 85%)Co mạ bằng dung dịch sau:

$NiSO_4.7H_2O$	130 – 140 g/l
$CoSO_4.7H_2O$	110 – 120 g/l
H_3BO_3	20 – 30 g/l
KCl	10 – 15 g/l
pH	4 – 5
i_c	1 – 2 A/dm^2
Nhiệt độ	40 – 60 °C
Lực kháng từ của lớp mạ	H_c < 24.10^3 A/m

Tăng pH từ 1 đến 4 thì H_c tăng từ 8.10^3 đến 16.10^3 A/m, còn cảm ứng từ dư vẫn giữ nguyên giá trị 0,6 Tl (xem mục 4.6).

Hợp kim từ tính 53% Ni – 47% Co mạ từ dung dịch floborat sau:

$Ni(BF_4)_2$ (tính theo Ni)	50 g/l
$Co(BF_4)_2$ (tính theo Co)	10 g/l
$NiCl_2.6H_2O$	10 g/l
pH	3 – 4
i_c	1 – 3 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Lực kháng từ của lớp mạ	$H_c < 16.10^3$ A/m

Hợp kim từ tính 80% Co – 20% Ni mạ từ dung dịch sunfamat sau:

$Ni(NH_2SO_3)_2$	225 g/l
$Co(NH_2SO_3)_2$	225 g/l
H_3BO_3	30 g/l
$MgCl_2$	15 g/l
pH	2 – 4
i_c	1 – 3 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Lực kháng từ của lớp mạ	$H_c < 40.10^3$ A/m

9.5.3. Hợp kim Fe – Ni – Cr

Hợp kim Fe – Ni – Cr có thành phần hóa học tương tự như loại thép không gỉ của Nga 1X18H9T được mạ từ dung dịch sau:

$CrCl_3$	150 – 200 g/l
$NiCl_2.6H_2O$	25 – 50 g/l
$FeCl_2$	12 – 20 g/l
$Na_3C_6H_5O_7$ Natri xitrat	50 – 70 g/l
NH_4OH	130 g/l
pH	0,2 – 0,3
Mật độ dòng điện	25 – 30 A/dm^2
Nhiệt độ	30 ^{0}C
Anot	thép nicrom

Mạ xong xử lý nhiệt ở 1100 ^{0}C rồi ủ sẽ có cấu trúc, độ cứng, độ chịu mài mòn giống loại thép không gỉ nói trên.

9.5.4. Hợp kim Ni – P

Hợp kim kền – photpho có nhiều tính chất từ đặc biệt, độ cứng cao (600 HV), bền mài mòn, chịu nhiệt độ đến 400 ^{0}C...

Các dung dịch thông dụng mạ hợp kim Ni – P như sau

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*	*Dung dịch 3*
$NiCl_2.6H_2O$	40 – 50 g/l	–	45 g/l
$NiSO_4.7H_2O$	–	150 – 200 g/l	150 g/l
NH_4Cl	45 – 55 g/l	–	–
NaCl	–	20 g/l	–
H_3BO_3	–	20 g/l	–
$Na_3C_6H_5O_7$	40 – 50 g/l	–	–
$NaH_2PO_2PO_2.2H_2O$	10 – 20 g/l	20 – 30 g/l	–
H_3PO_3	–	–	40 g/l
H_3PO_3(100%) A. octophotphoric	50 g/l	40 – 50 g/l	50 g/l
pH	8 – 9	2 – 2,5	0,5 – 1
Nhiệt độ, °C	80 – 88	70 – 80	75 – 95
Mật độ dòng điện, A/dm^2	1 – 2	10 – 15	5 – 40
Hiệu suất dòng điện, %	–	60 – 70	50

9.5.5. Hợp kim Ni – Re

Hợp kim kền – reni có độ cứng và độ chịu mài mòn rất cao. Dung dịch sau cho lớp mạ có thành phần Re từ 8 – 10%.

$KReO_4$ Kali perenat	3 – 5 g/l
$NiSO_4.7H_2O$	15 – 20 g/l
$(NH_4)_2SO_4$	200 g/l
pH	3
Mật độ dòng điện	10 A/dm^2
Nhiệt độ	18 – 25 °C
Anot	chì

Nếu dùng dòng điện đổi chiều sẽ nâng được mật độ dòng điện đến 15 – 18 A/dm^2.

Nếu thay đổi thành phần dung dịch thành 15 g/l $KreO_4$ và 2 – 3 g/l $NiSO_4.7H_2O$ sẽ thu được hợp kim chứa Re đến 80 – 90%, tốc độ kết tủa tăng gấp 4 – 5 lần, độ thấm hydro nhỏ gấp 40 – 100 lần so với mạ Re nguyên chất, độ chịu nhiệt tương đương với Re, nhưng khả năng bảo vệ tốt hơn lớp mạ Re.

9.5.6. Hợp kim nhóm sắt với Mo, W

Hợp kim wonfam và molipđen với kền và coban bền hóa, cứng và chịu mài mòn rất cao; một số dùng làm vật liệu từ. Các dung dịch pyrophotphat mạ hợp kim này kê trong bảng 9.3.

Bảng 9.3. Các dung dịch pyrophotphat mạ hợp kim nhóm sắt với Mo, W

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Hợp kim điện giải*					
	Fe – Mo	*Co – Mo*	*Ni – Mo*	*Fe – W*	*Ni – W*	*Co – W*
$Na_2MoO_4.nH_2O$	40	32	0,1 – 10	–	–	–
$FeCl_2.4H_2O$	9	–	–	7 – 554	–	–
$Na_4P_2O_7.10H_2O$	45	67	170	39 – 312	38 – 425	60
$NaHCO_3$	75	80	–	17	–	–
$CoCl_2.n\,H_2O$	–	12	–	–	–	6
Hydrazin	–	1,5	–	–	–	–
Na_2WO_4	–	–	–	3 – 88	1,5 – 220	18
$NiCl_2.6H_2O$	–	–	–	–	6 – 9	–
$(NH_4)_2HC_6H_5O_7.H_2ONHN$	–	–	–	–	12	11
H_4Cl	–	–	20	–	–	–
$NiSO_4.7H_2O$	–	–	45	–	–	–
pH	8,3	8,3	8,5 – 9	7,7 – 9,3	7,7 – 10	9,1
Nhiệt độ, °C	50	60	40	30 – 90	30 – 90	40
i_c (có khuấy), A/dm²	16	18	1 – 5	12	3	0,5 – 6
Hiệu suất dòng *H*, %	44	46	40 – 90	13 – 65	5 – 74	41 – 45
%Mo hay W của lớp mạ	61	56	14 – 35	12 – 36	47 – 94	19 – 30

9.5.7. Hợp kim Ni – Ti

Hợp kim Ni – Ti có độ bền chống ăn mòn tốt hơn Ni. Có thể mạ hợp kim Ni – Ti chứa 6% Ti từ dung dịch sau và dùng kền làm anot.

Ti (tính ra kim loại)		1,572 g/l
$NiCl_2.6H_2O$		120 g/l
HBF_4		500 ml/l
$(CH_2OH)_2$	Glycol	70 ml/l
$(C_{11}H_{23}CO)_2SO$	Laurinsunfat	50 mg/l
C_2H_5OH	Rượu	50 ml/l
Mật độ dòng điện		5 – 10 A/dm²
Nhiệt độ		20 – 25 °C
Hiệu suất dòng điện		40 – 50 %

9.6. HỢP KIM BẠC

9.6.1. Hợp kim Ag – Sb

Hợp kim bạc – (2 – 3%) antimon có độ bền mài mòn lớn gấp 10 – 15 lần bạc. Hợp kim Ag – 9,6% Sb có điện trở lớn gấp 10 lần của bạc. Dùng làm tiếp điểm. Dung dịch xyanua mạ Ag – Sb như sau:

Ag^+ (tính theo Ag)	28 – 30 g/l
Sb^{3+} (tính theo Sb)	2 – 5 g/l
KCN (tự do)	18 – 20 g/l
$KNaC_4H_4O_6$	40 – 60
KOH	3 g/l
i_c	0,3 – 0,5 A/dm^2
Nhiệt độ	phòng
Anot	bạc

9.6.2. Hợp kim Ag – Cu

Hợp kim điện giải bạc – đồng được mạ từ các dung dịch sau:

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch xyanua*	*Dung dịch pyrophotphat*
Ag^+ (tính theo Ag), g/l	25 – 30	4 – 7
Cu^+ (tính thao Cu), g/l	60 – 75	14 – 16
KCN (tự do), g/l	50 – 70	–
KOH, g/l	10 – 15	–
K_2CO_3, g/l	25 – 30	–
$K_4P_2O_7$, g/l	–	100
i_c, A/dm^2	0,5 – 2	0,5 – 0,7
Nhiệt độ	phòng	phòng
% Cu tronglớp mạ	8 – 10	10 – 12

9.6.3. Hợp kim Ag – Cd

Hợp kim bạc – cađimi có độ chịu mài mòn, điện trở riêng, điện trở chuyển tiếp cao hơn bạc; được dùng làm tiếp điểm hay ổ trượt làm việc ở 110 °C. Hợp kim Ag – 15% Cd khó bị mờ gấp đôi Ag, hợp kim Ag – 50% Cd không bị mờ theo thời gian (do không tác dụng với hợp chất của lưu huỳnh). Dung dịch xyanua mạ Ag – 30% Cd như sau:

Ag^+	(tính theo Ag)	8 – 10 g/l
Cd^{2+}	(tính theo Cd)	30 – 40 g/l
NaCN	(tự do)	70 g/l
Gelatin		2 g/l
i_c		0,5 – 1 A/dm^2
Nhiệt độ		phòng
Hiệu suất dòng điện		85 – 90%
Anot hợp kim		Ag – 30% Cd

9.6.4. Hợp kim Ag với Pb, Sn, Bi, In

Các hợp kim Ag – Pb, Ag – Sn, Ag – Bi, Ag – In chịu mài mòn tốt trong điều kiện chịu tải nặng, số vòng quay lớn, khó bôi trơn bằng dầu mỡ; cũng có thể dùng làm tiếp điểm. Mạ chúng từ các dung dịch trong bảng 9.4 .

Bảng 9.4. Dung dịch mạ hợp kim Ag với Pb, Sn, Bi và In

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Hợp kim Ag – (0,5 – 3%) Pb*	*Hợp kim Ag – (2 – 4,5%) Sn*	*Hợp kim Ag – (1 – 2,5%) Bi*	*Hợp kim Ag – (4 – 5%) In*
Ag^+ (tính theo Ag)	26 – 30	10 – 20	20 – 25	5
Pb^{2+} (tính theo Pb)	1 – 5	–	–	–
Sn^{2+} (tính theo Sn)	–	20 – 30	–	–
Bi^{3+} (tính theo Bi)	–	–	2 – 5	–
In^{3+} (tính theo In)	–	–	–	18
KCN tự do	15 – 20	–	–	50
KOH	3	–	–	–
$KNaC_4H_4O_6$	40	–	–	–
$K_4P_2O_7.3H_2O$	–	170 – 200 (tự do)	200 (tổng)	–
$K_4[Fe(CN)_6]$	–	5 – 10	60	–
KCNS tự do	–	–	60 – 70	–
Dextrin	–	–	10	–
Glucoza	–	–	–	40
pH	–	8,5 – 9	8,5 – 9	–
i_c, A/dm^2	0,5	0,5 – 1,2	0,3 – 0,5	0,2
Nhiệt độ, °C	18 – 25	18 – 25	18 – 25	18 – 25

9.7. HỢP KIM VÀNG

9.7.1. Hợp kim Au – Cu

Hợp kim vàng – đồng dùng mạ vỏ đồng hồ, đồ kim hoàn... có độ cứng và bền mòn hơn vàng và đồng. Hợp kim chứa 15 – 20% Cu có độ cứng cao gấp 2 – 2,5 lần của vàng. Hợp kim có trên 75% Au không bị hợp chất của lưu huỳnh tác dụng (tức không bị mờ theo thời gian). Hợp kim có trên 50% Au không biến đổi màu trong nước muối. Một số dung dịch mạ Au – Cu kê trong bảng 9.5.

Nhiệt độ dung dịch giảm sẽ làm tăng hàm lượng Au trong hợp kim.

Hợp kim có 10 – 15% Cu cho màu đẹp nhất, dùng mạ đồ kim hoàn.

Hợp kim chứa 20 – 45% Cu có màu hơi đỏ, muốn đẹp hơn cần giảm i_c xuống còn 0,1 A/dm^2 trong vài phút trước khi kết thúc.

Anot dùng hợp kim có cùng thành phần với lớp mạ hoặc dùng anot vàng và định kỳ bổ sung đồng dưới dạng muối phức xyanua.

Bảng 9.5. Các dung dịch mạ hợp kim Au – Cu

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Hàm lượng vàng trong hợp kim, %*		
	55 – 60	*75 – 80*	*90*
Vàng	1,1 – 1,4	1,6 – 1,9	2,3 – 2,8
Đồng	4,5 – 6,0	3,4 – 4,4	2 ,5 – 3,5
KCN tự do	5,0 – 7,5	7,0 – 9,0	11 – 14
i_c, A/dm^2	0,25 – 2,4	0,5 – 1,0	0,25 – 1,0
i_a, A/dm^2	2,0 – 2,4	2,5 – 3,0	1,7 – 2,3
Nhiệt độ, °C	45 – 50	45 – 50	45 – 50
Hiệu suất dòng *H*, %	67 – 70	40 – 50	45 – 50

9.7.2. Hợp kim Au – Ag

Hợp kim vàng – bạc dùng cho trang sức, làm tiếp điểm. Hợp kim chứa trên 65% Au có độ cứng cao còn các tính chất khác giống như vàng. Các dung dịch mạ Au – Ag như sau:

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
Vàng, g/l	10	4 – 5,5
Bạc, g/l	0,2 – 2	0,5 – 0,75
KCN tự do, g/l	0,5 – 1	10 – 12
i_c, A/dm^2	0,1 – 0,5	0,5
i_a, A/dm^2	–	0,4 – 0,45
Nhiệt độ, °C	18 – 25	55 – 60

Khuấy dung dịch 1 và giảm i_c sẽ làm tăng hàm lượng Ag trong lớp mạ.

Dung dịch 2 (có thể mạ tĩnh và mạ quay) cho lớp mạ gồm 70% Au – 30% Ag dùng trong kỹ thuật điện tử.

9.7.3. Hợp kim Au – Ni và Au – Co

Hợp kim có 1% Ni hay Co cho độ cứng gấp 1,5 lần của Au; hợp kim có 2% Ni tăng độ cứng gần hai lần và tăng độ chịu mài mòn từ 4 đến 12 lần của Au. Hợp kim có 5%Co làm tăng độ chịu mài mòn lên 10 lần. Hợp kim có 10% Ni hay Co dùng để bảo vệ – trang sức và chịu mài mòn. % Ni hay Co cao hơn dùng mạ tiếp điểm trong kỹ thuật điện tử. Bảng 9.6 dưới đây kê một số dung dịch mạ các hợp kim này.

Bảng 9.6. Dung dịch mạ hợp kim Au – Ni và Au – Co

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Thành phần hợp kim, %*		
	Au – (5 – 15%) Ni	*Au – 2% Ni*	*Au – (5 – 20)% Co*
Au (ở dạng $KAu(CN)_2$)	3 – 3,5	1,5	0,01 – 4
Ni (ở dạng $KNi(CN)_3$)	0,6 – 0,8	3,5	–
Co (ở dạng $K_6Co(P_2O_7)_2$)	–	–	4,0 – 1,3
$K_4P_2O_7.3H_2O$	50 – 60	–	100
$KNaC_4H_4O_6.4H_2O$	50 – 60	–	50
KCN	–	15	–
K_2CO_3	–	35	–
pH	7 – 8	–	7 – 8
i_c, A/dm^2	0,4 – 5,0	0,2	0,5
Nhiệt độ, °C	50 – 60	20 – 60	20 – 70
Anot	Pt, thép không gỉ		Pt, thép không gỉ

9.7.4. Hợp kim Au – Sb

Lượng Sb trong hợp kim thường < 5%, cho độ cứng cao, chịu mài mòn tốt, tăng điện trở so với Au, dùng làm vật liệu tiếp xúc điện, chế tạo transistor. Lớp mạ hợp kim Au – 1,5% Sb chịu mài mòn gấp 15 lần lớp mạ Au.

Dung dịch cho lớp mạ Au – 1,5% Sb như sau:

Au 6 – 8 g/l

Sb 0,4 – 0,5 g/l

KCN tự do 8 – 10 g/l

$KNaC_4H_4O_6$. $4H_2O$ 20 – 40 g/l

i_c 0,25 A/dm^2

Nhiệt độ 60 – 65 °C

Hợp kim có hàm lượng hơn 1,5%Sb mạ xong phải ủ ở 200 °C để tăng độ gắn bám với nền.

9.7.5. Hợp kim Au – Pd

Hợp kim vàng – palađi cho độ chịu mài mòn cao, điện trở chuyển tiếp bé.

Hợp kim chứa 15 và 75% Pd có độ chịu mòn lớn gấp 9 và 18 lần so với Au. Tăng %Pd điện trở chuyển tiếp tăng rất ít.

Dung dịch cho lớp mạ Au – 25% Pd có thành phần như sau:

Vàng (ở dạng phức xyanua)	2,5 – 3,0 g/l
Palađi (ở dạng phức etylendiamin)	0,5 – 1,0 g/l
KCN tự do	< 0,3 g/l
Etylendiamin tự do	25 – 50 g/l
pH	7,5 – 8
i_c	0,3 – 0,5 A/dm^2
Nhiệt độ	55 – 65 °C
Hiệu suất dòng điện	25%
Anot	bạch kim

9.8. HỢP KIM NHÓM PLATIN

9.8.1. Hợp kim Pd – Ni và Pd – Co

Các hợp kim palađi này chống ăn mòn và chịu mài mòn tốt, điện trở chuyển tiếp bé, được mạ cho các tiếp điểm của thiết bị vô tuyến, điện tử. Dung dịch mạ chúng như sau:

Thành phần và chế độ mạ	*Dung dịch mạ Pd – Ni*	*Dung dịch mạ Pd – Co*
Pd (ở dạng $PdCl_2$, g/l	18 – 20	18 – 20
Ni (ở dạng $NiCl_2$), g/l	25 – 30	–
Co (ở dạng $Co(NH_3)_6Cl_3$), g/l	–	5 – 6
NH_4Cl, g/l	20 – 30	–
Sacarin, g/l	–	0,3 – 0,5
pH (chỉnh bằng NH_4OH)	8,5 – 9,0	9,5 – 10
i_c, A/dm^2	1,5 – 2,0	1,5 – 2,5
Nhiệt độ, °C	20 – 25	18 – 25
Hiệu suất dòng *H*, %	90 – 95	–
Anot	Pd không tan	Pd không tan
% Ni hay Co trong lớp mạ	20 – 25%	25%
Độ bền mài mòn lớn hơn Pd	14 lần	20 – 25 lần

Pha chế dung dịch mạ Pd – Ni: Hòa tan $PdCl_2$ vào dung dịch NH_4OH (20%) ở 70 – 80 °C; hòa tan riêng $NiCl_2$ vào dung dịch NH_4OH (20%) ở nhiệt độ phòng; để nguội, trộn hai dung dịch lại, chỉnh pH bằng NH_4OH.

Pha chế dung dịch mạ Pd – Co: $PdCl_2$ hòa tan như trên. $CoCl_2$ hòa tan vào NH_4OH, thêm H_2O_2 để oxy hóa Co^{2+} thành Co^{3+} (cho dung dịch bền hơn); thêm sacarin đã hòa tan vào; chỉnh pH bằng NH_4OH.

9.8.2. Hợp kim Pd – In

Hợp kim này chịu mài mòn tốt, dùng mạ cổ góp cho động cơ điện (loại Pd – 25% In). Dung dịch cho lớp mạ có 25 – 37% In như sau:

Pd	2 – 4 g/l
In	40 – 80 g/l
NH_4Cl	100 – 150 g/l
Trilon B	125 – 250 g/l
Sacarin	0,5 – 2,5 g/l

9.8.3. Hợp kim Rh – In, Rh – Ni, Rh – W

Các hợp kim của rođi dùng trong chế tạo các tiếp điểm chuyển tiếp từ tính, chúng có độ cứng, độ bền ăn mòn cao, dẫn điện tốt.

Lớp mạ Rh giòn, nhưng lớp mạ Rh có 1 – 2% In lại rất dẻo đồng thời có độ cứng cao hơn, bền mài mòn tốt hơn (2 – 3 lần), điện trở chuyển tiếp bé hơn.

Hợp kim Rh – W cải thiện cơ lý tính và giá thành so với lớp mạ Rh. Hợp kim Rh – W không tan trong axit vô cơ và cường thủy.

Hợp kim Rh – (15 – 18%) Ni chống xói mòn cho bề mặt tiếp điểm tốt gấp 20 lần so với Rh.

Các dung dịch mạ các hợp kim này kê trong bảng 9.7.

Bảng 9.7. Các dung dịch mạ hợp kim của rođi

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ mạ	*Dung dịch mạ hợp kim*		
	Rh – In	*Rh – W*	*Rh – Ni*
Rođi (trong muối sunfat)	6 – 10	8 – 10	10
Inđi (trong muối sunfat)	0,1 – 1,5	–	–
Na_2WO_4	–	2 – 4	–
Niken (trong muối sunfat)	–	–	2,5
H_2SO_4	50 – 100	25 – 30	50
Axit sunfamic	10 – 20	–	20
H_3BO_3	–	30 – 35	–
HF	–	0,8 – 1,0	–
i_c, A/dm^2	0,8 – 1,0	1	0,5 – 1,0
Nhiệt độ, °C	40 – 50	18 – 25	40
Anot	trơ	Pt hay Rh	–
Thành phần hợp kim	Rh – (1 – 2%) In	Rh – (3 – 15%) W	Rh – (15 – 18%) Ni
Độ cứng hợp kim, MPa	8000 – 9000	8500 – 19000	–

Chương 10
CÁC LỚP PHỦ PHI KIM

10.1. LỚP PHỦ PHOTPHAT

Công dụng: bảo vệ chống ăn mòn; làm lớp lót để sơn gắn chắc với kim loại; tăng độ trơn khi kéo rút sản xuất dây kim loại; cách điện cho các tấm tôn silic trong chế tạo động cơ điện, biến áp và thiết bị điện khác...

Lớp photphat được phủ cho gang, thép, nhôm, magie, kẽm, cađimi và các hợp kim của chúng.

Phủ lớp photphat lên kim loại bằng phương pháp hóa học hay điện hóa ở nhiệt độ thường hoặc ở 60 – 90 °C. Trước khi phủ phải chuẩn bị bề mặt kim loại nền như trước khi mạ kim loại. Phun cát là cách thích hợp nhất để phủ lớp photphat.

Lớp photphat thường có chiều dày từ 7 đến 50 μm. Lớp phủ dày có nhiều vết nứt, lỗ xốp, nên để tăng tính bảo vệ cho lớp photphat thường phải thụ động chúng trong dung dịch bicromat hoặc bôi tẩm dầu mỡ.

Bảng 10.1 giới thiệu các dung dịch photphat hóa cho thép.

Bảng 10.1. Các dung dịch photphat hóa cho thép

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ làm việc	*Dung dịch số*			
	1	*2*	*3*	*4*
Chế phẩm majef	30 – 35	–	–	–
$Zn(H_2PO_4)_2$	–	8 – 12	60 – 70	–
$Zn(NO_3)_2.6H_2O$	55 – 65	10 – 20	80 – 100	–
$Ba(NO_3)_2$	–	30 – 40	–	–
$NaNO_2$	–	–	–	1,5 – 2
H_3PO_4	–	–	0,2 – 1,0	90
ZnO	–	–	–	17 – 18
NaOH	–	–	–	10
pH	–	–	–	2 – 3
Nhiệt độ, °C	85 – 95	75 – 85	phòng	phòng
Thời gian, ph	10 – 25	10 – 15	15 – 25	15 – 30

Chế phẩm majef là một hỗn hợp gồm các muối $Fe(H_2PO_4)_2$, $Mn(H_2PO_4)_2.H_2O$, $MnHPO_4$ có thành phần như sau: Fe 2,4 – 2,5%; Mn 14%; photphat 45 – 52%; H_2O 1 – 2%; SO_4^{2-} 1% và tạp chất khác như CaO, Cl^-...

Dung dịch 1 dùng cho thép cacbon và thép hợp kim thấp; dung dịch 2 dùng cho các chi tiết có độ chính xác cấp 1 và 2, cho lò xo bằng thép cacbon, thép hợp kim thấp và trung bình; dung dịch 3 dùng cho mọi chi tiết, trừ các chi tiết chính xác và lò xo, dùng được cho lớp mạ Zn và Cd; dung dịch 4 tiến hành ở nhiệt độ phòng.

Sau khi tẩy rửa sạch, đặt vật vào giỏ sắt hoặc treo lên khung rồi đưa vào bể chứa một trong các dung dịch trên cho đến khi đạt thời gian quy định, cũng tức là khi ngừng thoát khí hydro trên vật cần phủ. Có thể photphat hóa nguội cho các vật rất lớn bằng cách phun dung dịch lên chúng.

Photphat hóa điện hóa treo vật trên catot trong dung dịch sau:

ZnO	25 – 28 g/l
H_3PO_4	48 – 50 g/l
HNO_3	26 – 28 g/l
i_c	2 – 3 A/dm^2
Anot	thép
Nhiệt độ	65 – 75 °C
Thời gian	5 – 8 ph

Bảng 10.2 giới thiệu các dung dịch photphat hóa cho kim loại màu.

Dung dịch 1 sau khi photphat hóa cho Mg và hợp kim Mg, rửa sạch rồi ngâm vào dung dịch $K_2Cr_2O_7$ 9 – 10% ở 90 – 98 °C trong 10 – 20 ph để thụ động màng, tăng tính bảo vệ. Dung dịch 2 và 3 sau khi photphat hóa cho các hợp kim Al, rửa sạch rồi ngâm trong dung dịch Cr_2O_3 0,5% khoảng 10 ph ở nhiệt độ phòng. Dung dịch 4 photphat hóa cho Zn, hợp kim Zn, cũng có thể dùng để photphat hóa cho Cd, thép cacbon, thép hợp kim thấp và trung bình; photphat hóa xong thụ động hóa trong $Na_2Cr_2O_7$ 3 – 5 g/l ở 70 – 80 °C trong 1 – 3 ph, không rửa mà sấy khô ngay.

Độ axit của dung dịch photphat hóa thường được thể hiện qua hai chỉ tiêu:

– *Độ axit tổng* chính là số ml dung dịch NaOH 0,1 N đã dùng để chuẩn 10 ml dung dịch photphat hóa khi có mặt của phenolphtalein. Số ml NaOH này được gọi là *số điểm* và thường nằm trong giới hạn 16 – 60 ml (hay 16 – 60 điểm).

Bảng 10.2. Dung dịch photphat hóa cho kim loại màu

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ làm việc	*Dung dịch photphat hóa cho*			
	Mg và hợp kim Mg	*Hợp kim Al (silumin)*	*Hợp kim Al (duramin)*	*Zn và hợp kim Zn*
$Mn(H_2PO_4)_2$	30	–	–	–
NaF	0,3 – 0,5	0,95 g	0,95 g	–
H_3PO_4 (1,25)	–	112 ml	28 ml	–
$K_2Cr_2O_7$	–	16 g	16 g	–
Nước	–	416 ml	500 ml	–
$Zn(H_2PO_4)_2$	–	–	–	10 – 15
$NH_4H_2PO_4$	–	–	–	10 – 15
$Mg(NO_3)_2$	–	–	–	50 – 100
$Fe(NO_3)_2.9H_2O$	–	–	–	1,7 – 2,0
$H_2C_2O_4$	–	–	–	1,7 – 2,0
Nhiệt độ, °C	90 – 100	45	45	75 – 80
Thời gian, ph	30 – 40	45	45	3 – 10

– *Độ axit tự do* chính là số ml NaOH 0,1N đã dùng để chuẩn 10 ml dung dịch photphat hóa khi có mặt của metyl da cam. Số mililit NaOH này cũng được gọi là *số điểm* và thường nằm trong giới hạn 2 – 5 điểm.

Khi độ axit tự do lớn (tức tỷ số "độ axit tự do/độ axit tổng" lớn) có nghĩa là H_3PO_4 lớn thì tốc độ sinh màng chậm, khí hydro thoát ra nhiều, thời gian gia công lâu; màng mịn, sít, bảo vệ tốt. Tuy nhiên độ axit tự do quá lớn có thể không sinh màng được.

Khi độ axit tự do bé, nghĩa là nồng độ H_3PO_4 nhỏ, tốc độ hình thành muối khó tan (chất liệu của màng) lớn nên tạo màng nhanh và dung dịch cũng bị vẩn đục bởi các muối này. Màng thô, nhiều lỗ xốp, bảo vệ kém.

Xác định khả năng bảo vệ của màng bằng phương pháp đơn giản là nhỏ một giọt thuốc thử lên bề mặt màng photphat sạch, thời gian mà màng chưa bị phá hủy bởi giọt thuốc thử đặc trưng cho khả năng bảo vệ của nó.

Thuốc thử pha chế như sau:

$CuSO_4.5H_2O$	125 g/l	40 ml
NaCl	10%	20 ml
HCl	3,6 g/l	0,8 ml

Đổ chung ba thể tích trên lại với nhau được dung dịch màu xanh lam.

Khi màng bị xuyên thủng, đồng được giải phóng, làm xuất hiện màu đỏ của đồng.

Chất lượng màng đánh giá theo bốn loại bằng số thời gian mà màng chưa bị hỏng:

Loại A	$\geq$ 5 ph	mới đổi màu
Loại B	2 – 5 ph	mới đổi màu
Loại C	1 – 2 ph	mới đổi màu
Loại D	< 1 ph	mới đổi màu

10.2. LỚP PHỦ OXIT

10.2.1. Oxy hóa cho gang, thép

Màng oxit trên sắt thép tính từ nền trở ra, thoạt tiên là FeO dày khoảng 10 μm, lớp giữa Fe_3O_4 dày khoảng 2 μm, lớp ngoài Fe_2O_3 dày khoảng 0,2 μm. Tính bảo vệ kém, chỉ dùng tạm thời trong điều kiện ít ăn mòn (Y). Có nhiều phương pháp oxy hóa:

Phương pháp nhiệt: Dùng cho vật bé mảnh đã gia công kỹ, như kim đồng hồ, đai sắt, lò xo... Quét hay phun dầu gai hoặc sơn dầu pha xăng lên chi tiết một lớp mỏng, hong khô, đặt vào giỏ sắt, nung trong lò ở nhiệt độ 350 – 450 °C từ 10 – 20 ph, làm nguội trong dầu, màng có màu đen. Nếu nung ở 310 – 350 °C đến khi có màu ngũ sắc, làm nguội như trên sẽ được màng màu xanh biển.

Phương pháp muối nóng chảy: Nhúng chi tiết vào hỗn hợp muối $NaNO_2$ và $NaNO_3$ nóng chảy ở 310 – 350 °C trong 1 – 3 ph. Làm nguội trong nước lạnh rồi ngâm trong nước xà phòng 2 – 3% nóng, rửa nóng, sấy khô, tẩm dầu máy nóng để tăng tính bảo vệ. Màng màu xanh.

Phương pháp hóa học: Nhúng chi tiết vào một trong hai dung dịch sau:

Thành phần	*Dung dịch 1*	*Dung dịch 2*
NaOH	550 – 700 g/l	–
$NaNO_3$	50 – 100 g/l	–
$NaNO_2$	200 – 250 g/l	–
H_3PO_4	–	6 – 10 ml/l
MnO_2	–	2 – 3 g/l
$Ba(NO_3)_2$	–	20 – 28 g/l
$Zn(NO_3)_2$	–	2 – 4 g/l
Tỷ trọng dung dịch	1,45 g/cm^3	–
Nhiệt độ	135 – 155 °C (sôi)	95 °C
Thời gian	30 – 90 ph	10 – 15 ph

Dung dịch 1 oxy hóa cho gang, thép cao cacbon tiến hành ở nhiệt độ 135 °C trong 30 ph; oxy hóa cho thép thấp cacbon dùng nhiệt độ 155 °C trong 90 ph.

Dung dịch 2 trước khi oxy hóa phải rửa chi tiết trong dung dịch H_3PO_4 8 – 10 g/l.

Sau khi oxy hóa phải rửa cẩn thận trong nước nóng, ngâm trong nước xà phòng 2 – 3%, rửa và sấy khô rồi tẩm dầu máy nóng.

Hư hỏng, nguyên nhân và cách khắc phục trong oxy hóa sắt thép trình bày trong bảng 10.3.

Bảng 10.3. Sự cố, nguyên nhân, cách khắc phục khi oxy hóa thép trong dung dịch 1

Sự cố	*Nguyên nhân và cách khắc phục*
Lớp màu hung hung đỏ	Thừa kiềm, nhiệt độ sôi trên 150 °C. Cần thêm nước sôi để pha loãng và để giảm nhiệt độ sôi xuống 140 °C.
Lấm tấm sáng	Thiếu $NaNO_3$. Cần thêm 10 – 20 g/l $NaNO_2$.
Màng bị lốm đốm	Thiếu NaOH. Thêm NaOH cho đến khi có nhiệt độ sôi 140 °C.
Vệt xoắn xám đen	Nồng độ dung dịch thấp. Chỉnh lại.
Phủ lớp mỏng màu trắng	Rửa không sạch. Cải thiện cách rửa.

10.2.2. Oxy hóa nhôm và hợp kim nhôm

Al luôn có lớp màng Al_2O_3 mỏng khoảng 0,01 – 0,1 μm, không đủ để bảo vệ nền nhôm khỏi ăn mòn và mài mòn. Oxy hóa học sẽ cho màng dày khoảng 3 – 5 μm, oxy hóa điện hóa sẽ cho màng dày khoảng 20 – 30 μm đến hàng trăm micromet nên bảo vệ chống ăn mòn và mài mòn tốt hơn nhiều.

Màng nhôm oxit rất xốp nên có khả năng hấp phụ rất tốt, có thể thấm dầu mỡ, sơn, sáp, chất màu... để cải thiện thêm tính bảo vệ và trang sức cho sản phẩm nhôm.

Độ xốp, độ chống ăn mòn, độ dày, độ cứng của màng phụ thuộc vào thành phần hợp kim Al, độ đồng nhất và tính chất bề mặt, chế độ gia công cơ và chế độ oxy hoá.

Oxy hóa anot Al và hợp kim Al cần đặc biệt chú ý: Gá chặt vật lên khung treo bằng hợp kim nhôm hay titan. Làm lạnh và khuấy dung dịch liên tục trong khi oxy hoá. Chiều dày chi tiết nhôm không mỏng dưới 0,5 mm, bán kính các chỗ vê tròn không nhỏ hơn 0,2 mm. Tùy theo vật liệu nhôm, chiều dày màng cần có mà ấn định thời gian oxy hóa và điện thế cuối điện phân cho phù hợp. Duy trì dòng điện không đổi suốt quá trình.

Bảng 10.4 giới thiệu một số dung dịch anot hóa nhôm.

Bảng 10.4. Các dung dịch oxy hóa anot Al và hợp kim Al

Thành phần (g/l) và chế độ oxy hoá	*Dung dịch số*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
H_2SO_4	180 – 200	180 – 200	–	–	–	–
Axit oxalic $H_2C_2O_4$	–	10 – 20	40 – 60	–	1 – 2	–
CrO_3	–	–	–	30 – 35	6 – 8	30 – 35
H_3BO_3	–	–	–	–	8 – 10	1 – 2
Axit xitric $H_3C_6H_5O_7$	–	–	–	–	1 – 2	–
$K_2Ti(C_2O_4)_3$	–	–	–	–	40 – 45	–
Nhiệt độ, °C	15 – 25	10 – 25	15 – 25	30 – 40	50 – 60	40 – 45
Thời gian, ph	15 – 60	30 – 60	90 – 210	30 – 60	30 – 40	60
i_a, A/dm^2	0,8 – 2,0	2 – 5	2,5 – 3,5	Đến 3	Đến 3	0,3 – 1,0
Điện thế cuối, V	Đến 24	Đến 60	Đến 90	Đến 40	0 – 120	40 – 80
Vật liệu catot	Pb, thép không gỉ	Pb, thép không gỉ	Thép không gỉ	Thép không gỉ	Thép không gỉ	Thép không gỉ

Dung dịch 1 cho màng oxit dày 3 – 7 μm, nếu điện phân ở điều kiện: 0 – 7 °C, 20 – 90 ph, 2,5 – 5 A/dm^2, điện thế cuối đến 60 V thì cho màng dày đến 100 μm hoặc hơn, độ cứng cao (3000 – 4500 MPa), cách điện rất tốt (điện thế xuyên thủng: 400 V).

Dung dịch 2 cho màng dày trên 100 μm, độ cứng cao (3000 – 4500 MPa), cách điện tốt (điện thế xuyên thủng: 400 V).

Dung dịch 3 cho màng dày làm lớp cách điện (điện thế xuyên thủng: 500 V).

Dung dịch 4 dùng cho vật đúc, hàn, tán bằng nhôm và hợp kim nhôm.

Dung dịch 5 có dùng muối kép kali titan oxalat, cho lớp phủ men dày 12 – 14 μm. Duy trì dòng điện trong quá trình điện phân bằng cách tăng dần điện thế đến 120 V sau 20 – 40 ph, sau đó nó tự giảm xuống đến 0,5 – 1,0 A/dm^2.

Dung dịch 6 cũng cho lớp màng dạng men dày 5 – 7 μm; trong 5 ph đầu điện phân nâng dần điện thế lên đến 40 V, tiếp đó lại nâng dần điện thế lên đến 80 V trong vòng 30 ph, rồi điện phân thêm 30 ph nữa.

Hoàn thiện màng nhôm oxit:

Bảng 10.5. Các dung dịch nhuộm màu cho Al và hợp kim Al

Thành phần dung dịch (g/l) và chế độ nhuộm	*Nhuộm hóa học*	*Nhuộm hóa học*	*Nhuộm điện hóa*	*Nhuộm điện hoá*	*Nhuộm điện hóa*	*Nhuộm điện hóa*
Alyzarin	0,2 – 1,0	–	–	–	–	–
$Al(NO_3)_3$	–	100	–	–	–	–
H_2SO_4	–	–	5	–	–	180
$KMnO_4$	–	–	15	–	–	–
H_3BO_3	–	–	–	30	30	–
$(NH_4)_2SO_4$	–	–	–	15	–	–
$NiSO_4.7H_2O$	–	–	–	0,3	30 – 40	–
$CuSO_4.5H_2O$	–	–	–	–	–	2
pH	–	–	–	3,5 – 5,5	4 – 4,5	–
Nhiệt độ, °C	50 – 60	20 – 30	20 – 30	20 – 30	phòng	phòng
Thời gian, ph	20 – 30	20	5	5 – 10	2 – 10	2 – 10
i, A/dm² xoay chiều	–	–	0,3 – 0,4	0,8 – 1,0	–	–
Điện thế, ~ V	–	–	–	15	12	12
Vật liệu anot	–	–	Grafit	–	Chì	Chì
Màu sắc	Vàng/đỏ	Trắng	Vàng kim	Đồng đỏ	Vàng/ đen	Nâu/gụ

Bịt kín lỗ xốp để tăng tính bảo vệ bằng cách luộc màng trong nước mềm hoặc nước cất có pH 4,5 – 6,5 ở 90 – 100 °C trong 20 – 30 ph.

– Thụ động màng trong dung dịch bicromat 80 – 100 g/l theo chế độ trên.

– Tẩm dầu máy bằng cách đun trong dầu ở 60 – 65 °C.

– Nhuộm màu trang trí cho màng bằng chất màu hữu cơ hay vô cơ theo bảng 10.5 bằng phương pháp hóa hoặc điện hoá. Công nghệ mới đã có loại kết hợp nhuộm màu ngay trong dung dịch oxy hoá.

Oxy hóa hóa học Al và hợp kim Al

Lớp nhôm oxit tạo bằng phương pháp này mỏng, bảo vệ kém hơn màng tạo bằng phương pháp điện hóa nhưng có chiều dày đều hơn trên toàn bộ bề mặt, rất thích hợp sử dụng để gia công cho các vật có hình dạng phức tạp, làm việc ở môi trường ăn mòn yếu (Y) hoặc làm nền cho lớp sơn bên ngoài.

Một số dung dịch oxy hóa hóa học nhôm và hợp kim nhôm được giới thiệu trong bảng 10.6.

Bảng 10.6. Dung dịch oxy hóa hóa học Al và hợp kim Al

Thành phần (g/l) và chế độ làm việc	*Dung dịch oxy hóa học số*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Na_2CO_3	40 – 60	–	–	–	60
NaOH	2 – 3	–	–	–	–
Na_2CrO_4	10 – 20	–	–	–	17 – 20
CrO_3	–	5 – 10	3 – 4	5 – 8	–
H_3PO_4	–	40 – 60	–	–	–
NaF	–	3 – 5	–	1,5 – 2,0	–
Na_2SiF_6	–	–	3 – 4	–	–
$K_3Fe(CN)_6$	–	–	–	0,5 – 1,0	–
Na_2SiO_3	–	–	–	–	1 – 1,5
Nhiệt độ, °C	80 – 100	15 – 30	15 – 30	15 – 30	85
Thời gian, ph	3 – 10	5 – 20	8 – 20	1 – 5	8 – 10

Dung dịch 1 dùng cho vật đã lắp ghép. Dung dịch 2 cho màng oxit – photphat có màu xanh dương. Dung dịch 3 và 4 cho màng oxit–flo có tính dẫn điện. Dung dịch 5 hay dùng.

Trước khi oxy hóa cần tẩy sạch dầu mỡ, ví dụ có thể tẩy trong dung dịch sau: Na_3PO_4 50 g/l; Na_2SiO_3 1 – 1,5 g/l; NaOH 10 g/l; nhiệt độ 50 – 60 °C; thời gian 3 – 5 ph.

Sau khi oxy hóa nên bịt kín lỗ xốp màng Al_2O_3 trong dung dịch CrO_3 2% từ 2 đến 10 s và trung hòa kiềm nếu dùng dung dịch 1 và 5.

10.2.3. Oxy hóa đồng và hợp kim đồng

Màng oxit đồng có màu đen tạo ra bằng phương pháp hóa học và điện hóa được giới thiệu trong bảng 10.7.

Bảng 10.7. Dung dịch oxy hóa Cu và hợp kim Cu

Thành phần (g/l) và chế độ oxy hoá	*Dung dịch số*			
	1	*2*	*3*	*4*
NaOH	125 – 200	50 – 100	–	120
$K_2S_2O_8$	–	15 – 30	–	–
$CuCO_3$	–	–	50	–
NH_4OH 25%	–	–	200ml	–
ZnO	–	–	–	30
i_a, A/dm^2	1,5 – 2,5	–	–	0,8
Nhiệt độ, °C	80 – 95	55 – 65	Phòng	Phòng
Thời gian, ph.	10 – 20	5 – 10	20 – 30	1 – 1,5

Dung dịch 1: chi tiết gia công ngâm không điện vào dung dịch 2 – 3 ph, sau đó phân cực anot 5 ph với mật độ dòng điện 0,1 – 0,5 A/dm^2, tiếp đó nâng mật độ dòng điện lên 1,5 – 2,5 A/dm^2 và điện phân 10 – 20 ph như đã ghi.

Dung dịch 2 dùng để gia công đồng thau và đồng thanh đã mạ đồng 3 – 5 μm.

Dung dịch 3 dùng để oxy hóa đồng thau.

Dung dịch 4 dùng cho đồng và hợp kim đồng.

Sau khi oxy hóa nên phủ thêm lớp sơn không màu.

10.2.4. Oxy hóa magie và hợp kim magie

Magie và hợp kim của nó nhẹ, được dùng trong công nghiệp chế tạo máy bay, tên lửa, tàu vũ trụ... nhưng cần phải oxy hóa để tăng tính bảo vệ cho chúng.

Các dung dịch oxy hóa hóa học và điện hóa cho magie và hợp kim magie được giới thiệu trong bảng 10.8.

Trước khi oxy hóa phải tẩy dầu mỡ từ dung dịch kiềm yếu gồm Na_3PO_4 50 g/l; NaOH 50 – 100 g/l; Na_2SiO_3 30 g/l; nhiệt độ 60 – 90 °C; thời gian 5 – 15 ph. Rửa sạch; tẩy trong CrO_3 20% khoảng 10 – 20 ph; rửa.

Sau khi oxy hóa, rửa lạnh, rửa nóng, sấy khô ở 60 – 80 °C, sơn không màu hoặc xử lý trong dung dịch $K_2Cr_2O_7$ 8 – 10 %, nhiệt độ 95 – 100 °C, thời gian 25 – 35 ph, rửa, sấy.

Bảng 10.8. Các dung dịch oxy hóa Mg và hợp kim Mg

Thành phần (g/l) và chế độ oxy hoá	*Dung dịch số*					
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
$K_2Cr_2O_7$	50	20	16	220	100	160
HNO_3 (d = 1,4)	110	30	–	220	–	–
NH_4Cl	1,0	1,0	–	–	–	–
$(NH_4)_2SO_4$	–	–	35	–	–	–
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	–	–	16	–	–	–
NH_4OH (d = 0,88)	–	–	3,5 – 5	–	–	–
Na_3PO_4	–	–	–	–	40 – 60	–
$KMnO_4$	–	–	–	–	–	55
NaOH	–	–	–	–	–	2,5
pH	–	–	6 – 6,5	–	–	6 – 7,1
i_a, A/dm^2	–	–	–	–	1,5 – 2	0,8 – 1
Nhiệt độ, °C	70 – 80	70 – 80	90 – 95	20 – 25	50 – 55	phòng
Thời gian, ph	2	0,5 – 5	30	0,5 – 2	30 – 40	20

Dung dịch 1 dùng cho chi tiết đúc hay chi tiết đã qua gia công cơ.

Dung dịch 1 dùng cho chi tiết đúc hay chi tiết đã qua gia công cơ.

Dung dịch 2 dùng cho các bán sản phẩm từ hợp kim biến dạng.

Dung dịch 3 vạn năng, dùng cho mọi loại hợp kim magie.

Dung dịch 4 dùng cho hợp kim có chứa mangan.

Dung dịch 5 và 6 theo phương pháp điện hoá, không làm thay đổi kích thước sau oxy hóa. Điện thế bể khoảng 6 V, catot bằng thép.

10.3. NHUỘM MÀU KIM LOẠI

Nhuộm đen đồng và hợp kim đồng xem bảng 10.7. và mục 6.2.5.

Nhuộm vàng cho đồng đỏ và đồng thau trong dung dịch gồm: NaOH 150 g/l, $CuCO_3$ 50 g/l, nhiệt độ 40 – 50 °C.

Nhuộm đen kẽm và lớp mạ kẽm trong dung dịch: NH_4Cl 60 g/l, $NiSO_4.(NH_4)_2SO_4$ 60 g/l, thời gian 30 – 60 ph; hay trong dung dịch: $CuSO_4$ 160 – 220 g/l, $KClO_3$ 80 g/l. Tham khảo thêm bảng 5.17.

Nhuộm đen kền và lớp mạ kền từ dung dịch: $(NH_4)_2S_2O_8$ 200 g/l, Na_2SO_4 100 g/l, $Fe_2(SO_4)_3$ 9 g/l, NH_4CNS 6 g/l, pH 1 – 2, nhiệt độ 20 – 25 °C. Tham khảo thêm mục 6.2.5.

Mạ Ni đen từ dung dịch $NiSO_4.(NH_4)_2SO_4$ 60 g/l, $ZnSO_4.7H_2O$ 7,5 g/l, NaCNS 15 g/l, pH 5,6 – 5,8, i_c 0,1 – 0,15 A/dm^2, nhiệt độ phòng, thời gian 30 ph lên vật đã mạ Cu hay Ni.

Nhuộm đen cho lớp mạ crom từ dung dịch: HCl 2 ml/l, CrO_3 500 g/l, CH_3COOH 4 ml/l, $FeSO_4$ 2 g/l, i_c 50 – 300 A/dm^2, nhiệt độ 15 °C, thời gian 15 ph.

Nhuộm đen bạc và lớp mạ bạc từ dung dịch: K_2S 12 g/l, NH_4Cl 40 g/l, nhiệt độ 60 – 90 °C, khoảng 2 – 3 ph; hoặc trong dung dịch $(NH_4)_2S$ 5% cũng được.

Nhuộm đen điện hóa trên anot cho bạc từ dung dịch: Na_2S 25 – 30 g/l, Na_2SO_4 15 – 20 g/l, H_2SO_4 3 – 5 g/l, i_a 0,1 – 0,5 A/dm^2, thời gian 3 – 5 ph. Tham khảo thêm mục 8.1.4.

Nhuộm màu cho nhôm và hợp kim nhôm sau khi đã oxy hóa: xem bảng 10.5 hoặc *nhuộm vàng* trong $Na_2S_2O_3$ 10 – 50 g/l từ 10 – 15 ph rồi ngâm tiếp trong dung dịch $KMnO_4$ 10 – 50 g/l khoảng 10 – 15 ph.

Chương 11
CÁC QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ MẠ

Quy trình công nghệ mạ thường bao gồm các bước lớn như sau:

– Chuẩn bị bề mặt trước khi mạ (đảm bảo nhẵn, sạch dầu mỡ, hết gỉ và oxit);

– Mạ (một hay nhiều lớp, đảm bảo đủ chiều dày, lớp mạ tốt);

– Hoàn thiện (tẩy bóng, nhuộm màu, thụ động, trung hòa, sấy khô...);

– Kiểm tra chất lượng (cảm quang, chiều dày, độ gắn bám, độ lỗ...).

Vật mạ phải được rửa sạch trước khi đưa vào một bể nào đó để tránh đưa dung dịch lạ hay tạp chất vào bể ấy. Sau khi đưa vật mạ ra khỏi một số bể mạ nhất định nào đó, nên rửa thu hồi để tận dụng hóa chất và để giảm bớt lượng nước thải cần xử lý. Vật mạ xong cần trung hòa, rửa thật sạch và sấy khô để tăng độ bền, đẹp. Sau tẩy dầu mỡ phải rửa nóng trước, rửa lạnh sau. Sau tẩy nhẹ không rửa nóng, tránh oxy hóa nhanh. Trước khi sấy khô nên rửa nóng trong nước mềm.

Tùy vật liệu mạ, tình trạng bề mặt, yêu cầu sản phẩm... mà chọn quy trình mạ cho phù hợp. Sau đây là một số ví dụ về các quy trình công nghệ mạ cho các loại sản phẩm khác nhau.

11.1. QUY TRÌNH MẠ KẼM BẢO VỆ

Dùng cho các vật có kích thước trung bình làm bằng thép (mới và nhẵn, không có vết gỉ), không yêu cầu trang sức ở mức cao:

– Tẩy dầu mỡ hóa học trong dung dịch kiềm nóng;

– Rửa nóng, rửa lạnh;

– Tẩy oxit;

– Rửa lạnh;

– Mắc lên khung;

– Tẩy nhẹ;

– Rửa lạnh;

– Mạ kẽm;

– Rửa lạnh (hai – ba lần);

– Tẩy bóng hay thụ động;

– Rửa lạnh (hai – ba lần);

– Thổi khí nóng hay sấy khô;

– Kiểm tra.

11.2. QUY TRÌNH MẠ KẼM QUAY

Dùng chống gỉ cho các vật bé bằng sắt thép như ốc vít, êcu, bulông, chốt...:

– Tẩy dầu mỡ trong dung môi hữu cơ;

– Quay xóc cho hết bavia;

– Rửa lạnh;

– Tẩy dầu mỡ hóa học trong dung dịch kiềm nóng;

– Rửa nóng, rửa lạnh;

– Tẩy nhẹ;

– Rửa lạnh;

– Mạ kẽm quay (trong thùng quay hay chuông quay);

– Rửa lạnh;

– Tẩy bóng hay thụ động (hoặc cả hai);

– Rửa lạnh, rửa nóng;

– Thổi khí hay sấy khô. Kiểm tra chất lượng.

11.3. QUY TRÌNH MẠ KẼM BẢO VỆ CHO VẬT TO

Dùng cho vật bằng thép có lớp oxit hay gỉ:

– Phun cát hay phun nước (trong các thiết bị chuyên dụng);

– Rửa và chải sạch;

– Mắc lên khung treo;

– Tẩy dầu mỡ điện hóa;

– Rửa nóng, rửa lạnh;

– Tẩy nhẹ;

– Mạ kẽm;

– Rửa lạnh (hai – ba lần);

– Thụ động;

– Rửa thu hồi;

– Rửa lạnh, rửa nóng;

– Thổi khí nén hay sấy khô;

– Kiểm tra.

11.4. QUY TRÌNH MẠ TRANG SỨC – BẢO VỆ

Áp dụng cho đồ gia dụng bằng sắt thép, dùng trong nhà, nơi ăn mòn yếu (Y) và vừa (V)...:

– Mài thô, mài tinh đạt cấp độ nhẵn ∇7 – ∇8;

– Tẩy dầu mỡ hóa học trong dung dịch kiềm nóng;

– Rửa nóng và rửa lạnh;

– Tẩy dầu mỡ điện hóa;
– Rửa nóng, rửa lạnh;
– Mắc lên khung treo;
– Tẩy nhẹ;
– Rửa lạnh;
– Mạ kền mờ hoặc bán bóng (chiếm ~ 2/3 chiều dày tổng);
– Mạ kền bóng (chiếm ~ 1/3 chiều dày tổng);
– Rửa thu hồi;
– Rửa lạnh;
– Thay khung treo;
– Mạ crom thường (dày ~ 0,3 – 0,5 μm);
– Rửa thu hồi;
– Rửa lạnh 2 – 3 lần;
– Trung hòa;
– Rửa lạnh, rửa nóng;
– Thổi khô bằng khí nén hay sấy khô;
– Kiểm tra chất lượng.

11.5. QUY TRÌNH MẠ TRANG SỨC – BẢO VỆ CAO CẤP

Áp dụng cho mặt hàng bằng sắt thép, làm việc lâu dài ở điều kiện khắc nghiệt:
– Mài thô, mài tinh, đạt cấp độ nhẵn ∇8 – ∇9;
– Tẩy dầu mỡ hóa học trong dung dịch kiềm nóng;
– Rửa nóng và rửa lạnh;
– Mắc lên khung treo;
– Tẩy dầu mỡ điện hóa;
– Rửa nóng, rửa lạnh;
– Tẩy nhẹ;
– Rửa lạnh;
– Mạ kền mờ hay bán bóng (chiếm ~ 2/3 chiều dày tổng);
– Mạ kền bóng (chiếm ~ 1/3 chiều dày tổng);
– Mạ kền compozit dày 1 – 2 μm;
– Rửa thu hồi;
– Rửa lạnh;
– Thay khung treo, nếu cần.
– Mạ crom vi xốp (~ 0,3 μm);
– Rửa thu hồi;
– Rửa lạnh hai – ba lần;

– Trung hòa;

– Rửa lạnh, rửa nóng;

– Thổi hoặc sấy khô;

– Kiểm tra chất lượng.

Ghi chú: Tham khảo chương 4 về các tiêu chuẩn độ dày lớp mạ và chọn chủng loại các lớp mạ cho sát hợp với yêu cầu rồi định ra quy trình để thực hiện; ví dụ có thể thay ba lớp kền và lớp crom vi xốp trong quy trình trên bằng:

– Mạ đồng xyanua, rửa;

– Mạ đồng sunfat bóng hay bán bóng, rửa kỹ;

– Mạ kền bóng, rửa thu hồi, rửa lạnh, rửa nóng;

– Mạ crom thường (0,3 μm) hay crom vi nứt (0,8 – 1,0 μm).

11.6. QUY TRÌNH MẠ Ni (BA LỚP) – Cr HIỆN ĐẠI

Áp dụng cho mặt hàng cao cấp, chống ăn mòn và trang sức lâu dài:

– Phôi đã gia công cơ xong, lắp vào khung treo và gá lên đầu dây chuyền mạ;

– Tẩy sơ bộ trong dung dịch kiềm cho hết bụi, mạt kim loại;

– Tẩy dầu mỡ hóa học;

– Rửa nước lạnh hai lần;

– Rửa nước đã khử ion;

– Tẩy điện hóa trong axit;

– Rửa nước lạnh hai lần;

– Rửa nước đã khử ion;

– Tẩy anot trong dung dịch kiềm;

– Rửa nước lạnh hai lần;

– Rửa nước đã khử ion;

– Trung hòa trong axit loãng;

– Rửa nước đã khử ion;

– Mạ kền bán bóng;

– Rửa thu hồi;

– Mạ kền có chứa nhiều lưu huỳnh S;

– Rửa thu hồi;

– Mạ kền bóng;

– Rửa thu hồi;

– Rửa nước lạnh hai lần;

– Mạ crom;

– Rửa thu hồi;

– Rửa lạnh năm lần;

– Rửa nước nóng;
– Sấy khô;
– Tháo khung.

Ghi chú: Nước rửa thu hồi được dùng để bổ sung vào bể mạ trước đó;
Sau mạ kền bán bóng và mạ kền cao S không cần rửa lạnh.

11.7. QUY TRÌNH MẠ CROM PHỤC HỒI KÍCH THƯỚC

Áp dụng cho các chi tiết máy đã mòn để dùng lại:
– Mài tinh trên máy chuyên dùng để có hình dáng đồng dạng với chính phẩm;
– Rửa trong dung môi hữu cơ;
– Lắp lên khung treo;
– Cách điện chỗ không cần mạ;
– Tẩy dầu mỡ điện hóa;
– Rửa lạnh;
– Tẩy nhẹ;
– Rửa lạnh;
– Mạ crom (đầu tiên ngâm không điện, mạ xung hoặc đổi cực rồi mới mạ);
– Rửa thu hồi;
– Rửa lạnh;
– Kiểm tra chất lượng và kích thước;
– Mài chính xác đến kích thước mong muốn.

11.8. QUY TRÌNH MẠ THÉP PHỤC HỒI KÍCH THƯỚC

Áp dụng cho các chi tiết máy đã bị mài mòn:
– Tẩy dầu mỡ trong dung môi hữu cơ;
– Mài trên máy chuyên dụng để có hình dáng đồng dạng với chính phẩm;
– Mắc lên khung treo;
– Cách điện phần không cần mạ;
– Tẩy dầu mỡ điện hóa;
– Rửa nóng, rửa lạnh;
– Hòa tan anot trong H_2SO_4 30%;
– Rửa nóng;
– Mạ thép sau khi ngâm không điện trong bể mạ vài phút;
– Rửa nóng, rửa lạnh;
– Trung hòa trong kiềm nóng 10%;
– Rửa lạnh;
– Tháo khỏi khung, bỏ cách điện;
– Gia công cơ đến kích thước mong muốn.

Ghi chú: Khâu hòa tan anot và ngâm không điện có thể thay đổi theo cách đã nói ở phần mạ sắt (xem mục 7.2) cho phù hợp với từng loại sản phẩm.

11.9. QUY TRÌNH MẠ THIẾC

– Tẩy dầu mỡ hóa học trong dung dịch kiềm nóng;

– Rửa nóng, rửa lạnh;

– Mắc lên khung treo;

– Tẩy dầu mỡ điện hóa;

– Rửa nóng, rửa lạnh;

– Tẩy nhẹ;

– Rửa lạnh;

– Mạ thiếc;

– Rửa thu hồi;

– Rửa lạnh, rửa nóng;

– Tháo khỏi khung và sấy khô;

– Nung nóng trong dầu;

– Rửa trong dung môi hữu cơ.

Ghi chú: Để tạo vân cho lớp thiếc làm như sau: mạ thiếc, rửa, sấy khô xong đem nung trong lò điện cho đến khi lớp mạ chảy mềm, làm nguội, mắc lên khung, mạ thiếc lần hai và tiếp tục cho đến cuối quy trình. Sau khi nung chảy, làm nguội, thiếc tái kết tinh thành các tinh thể rất to, mạ lần hai là để làm rõ nét hơn các tinh thể hoa văn ấy.

11.10. QUY TRÌNH OXY HÓA NHÔM

– Mắc lên khung treo;

– Tẩy dầu mỡ và oxit trong dung dịch kiềm;

– Tẩy bóng hóa học hay điện hóa trong môi trường kiềm;

– Rửa lạnh;

– Oxy hóa trên anot;

– Rửa lạnh;

– Cromát hóa hay nhuộm màu;

– Rửa lạnh, rửa nóng;

– Tháo khỏi khung và thổi hay sấy khô.

Ghi chú: Có thể nhuộm màu đồng thời ngay trong dung dịch oxy hóa anot bằng cách cho thêm các muối vô cơ vào dung dịch.

Oxy hóa cho các kim loại khác cũng làm tương tự như quy trình này.

11.11. QUY TRÌNH PHOTPHAT HÓA

– Phun cát làm sạch bề mặt (hoặc tẩy gỉ);

– Rửa lạnh;

– Tẩy dầu mỡ hóa học;

– Rửa nóng và rửa lạnh;

– Mắc lên khung treo;

– Tẩy nhẹ;

– Rửa lạnh;

– Photphat hóa;

– Rửa;

– Thụ động trong dung dịch cromat;

– Rửa;

– Sấy;

– Tháo khỏi khung treo;

– Sơn hay cromat hóa.

Ghi chú: Làm sạch bề mặt bằng phun cát photphat hóa sẽ nhanh hơn làm sạch bằng cách tẩy gỉ.

Một số loại dung dịch photphat hóa không cần làm sạch gỉ bề mặt.

Trên đây là một số quy trình mạ được trình bày mang tính chất gợi ý, hướng dẫn. Khi quyết định chọn quy trình cho một loại mặt hàng cụ thể nào đó, có thể thêm hoặc bớt một số khâu cho phù hợp cả về mặt kỹ thuật lẫn kinh tế.

Chương 12
KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG LỚP MẠ

12.1. KIỂM TRA HÌNH DẠNG BÊN NGOÀI

Quan sát bằng mắt dưới ánh sáng ban ngày hoặc ánh sáng đèn huỳnh quang 300 lux để phát hiện các sai sót, nhược điểm của sản phẩm mạ theo các tiêu chí: gai, rỗ, nhám, vết xước, bong tróc, màu sắc, độ đồng nhất, độ phủ kín, cháy cạnh hay sần sùi, mòn vẹt...

Quan sát để phân ra các loại: chính phẩm, thứ phẩm và phế phẩm. Thứ phẩm là loại cần gia công thêm cho hoàn chỉnh. Phế phẩm phải hủy bỏ hay phải làm lại từ đầu, đó là các lớp mạ bị bong, cháy, rỗ...

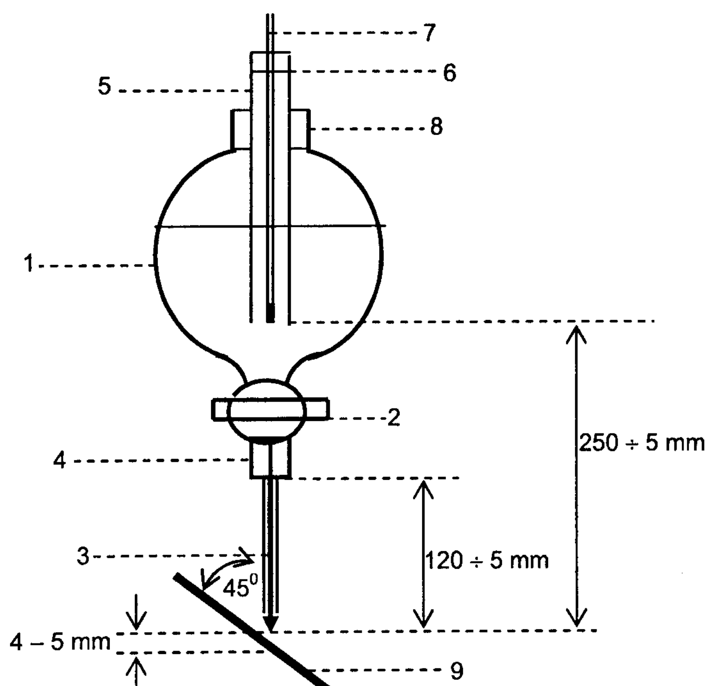
12.2. ĐO CHIỀU DÀY LỚP MẠ

12.2.1. Phương pháp tia dòng dung dịch

Hòa tan lớp mạ tại một điểm bằng dòng dung dịch đặc biệt xói liên tục cho đến khi nền lộ ra. Từ thời gian xói (hay thể tích dung dịch đã dùng) cho phép tính ra chiều dày lớp mạ. Hình 12.1 là dụng cụ đo chiều dày lớp mạ bằng phương pháp phun tia.

Mẫu mạ cần đo chiều dày *9* sau khi tẩy dầu mỡ, rửa, sấy khô, để nguội, kẹp nghiêng 45^0 dưới mao quản *3* và cách đầu mút của nó 4 – 5 mm. Mở van *2* cho dung dịch từ bình *1* chảy thành dòng xói vào một điểm của bề mặt mẫu đo, đồng thời bấm giờ và quan sát điểm đo cho đến khi xuất hiện màu đặc trưng. Dung dịch ăn mòn lớp mạ đến khi nó bị thủng liền tác dụng với kim loại nền cho màu đặc trưng hoặc để lộ màu sắc đặc trưng của nền ra, báo hiệu thời điểm kết thúc việc đo đạc. Cho phép ngừng phun dung dịch theo chu kỳ để quan sát màu sắc được thuận lợi.

Để đo đạc được chính xác cần chú ý: lắp dụng cụ đúng theo kích thước ở hình 12.1; đường kính lỗ mao quản 1,5 – 2 mm; tốc độ phun tia dung dịch phải đạt 10 ml sau 30 s; nút *6* (giữ nhiệt kế *7*) phải hở để không khí vào được bình theo ống thủy tinh *5*; nút *8* phải kín; trước khi bắt đầu đo, mở van *2* để dung dịch trong ống *5* hạ đến mức ngang với miệng dưới của ống *5*; trong ống mao quản *3* và ống nối (chất dẻo) không được đọng bọt khí.



Hình 12.1. Dụng cụ phun tia dung dịch đo chiều dày lớp mạ

Thành phần dung dịch đo chiều dày kê trong bảng 12.1.

Chiều dày δ của lớp mạ tính theo công thức:

$$\delta = d.\ \tau\ .\ \mu m$$

trong đó: d – chiều dày lớp mạ bị hòa tan trong 1 s, (bảng 12.2);

τ – tổng thời gian phun tia, s.

Khi tính chiều dày theo công thức này cần nhân thêm các hệ số:

– 0,7 cho Cd mạ từ dung dịch sunfat;

– 1,4 cho Ni từ một số dung dịch mạ bóng trực tiếp...

Sai số của phương pháp đo này là ± 10%.

Bảng 12.1. Dung dịch đo chiều dày lớp mạ

Lớp mạ	*Kim loại nền hay lớp mạ lót*	*Thành phần dung dịch đo*		*Xuất hiện màu đặc trưng lúc kết thúc*
Kẽm	Thép	NH_4NO_3 $CuSO_4.5H_2O$ HCl (1N)	70 g/l 7 g/l 70 ml/l	Đỏ đồng (không bị trôi theo dòng dung dịch)

Cađimi	Thép, đồng và hợp kim đồng	NH_4NO_3 17,5 g/l HCl (1N) 17,5 ml/l	Đen của thép; đỏ của đồng; vàng của hợp kim Cu
Đồng	Thép	$FeCl_3.6H_2O$ 150 g/l $SbCl_3$ 31 g/l HCl (1,19) 150 ml/l CH_3COOH 250 ml/l	Đen của nền thép
Kền	Thép, đồng và hợp kim đồng	$FeCl_3.6H_2O$ 300 g/l $CuSO_4.5H_2O$ 100 g/l	Đỏ của đồng hay vàng của hợp kim đồng
Crom	Thép	HCl (1,19) 220 ml/l H_2SO_4 (1,84) 100 ml/l $FeCl_3.6H_2O$ 60 g/l $CuSO_4.5H_2O$ 30 g/l Rượu etylic C_2H_5OH 100 ml/l	Đỏ của đồng

Bảng 12.2. Chiều dày d bị hòa tan trong 1 s ở các nhiệt độ

Nhiệt độ, °C	*d, µm*				
	Kẽm	*Cađimi*	*Đồng*	*Kền*	*Crom*
12	0,515	0,190	0,443	0,236	
13	0,530	0,195	0,470	0,262	
14	0,542	0,201	0,498	0,294	
15	0,560	0,207	0,526	0,333	
16	0,571	0,211	0,560	0,376	0,107
17	0,589	0,217	0,594	0,424	–
18	0,610	0,223	0,629	0,467	0,129
19	0,630	0,229	0,664	0,493	–
20	0,645	0,235	0,699	0,521	0,154
21	0,670	0,241	0,734	0,546	–
22	0,690	0,247	0,768	0,575	0,172
23	0,715	0,253	0,802	0,606	–
24	0,740	0,260	0,860	0,641	0,182
25	0,752	0,265	0,870	0,671	–
26	0,775	0,272	–	0,709	0,189
27	0,790	0,279	–	0,741	
28	0,808	0,286	–	0,769	
29	0,824	0,294	–	0,800	
30	0,833	0,302	–	0,833	

12.2.2. Phương pháp tia dòng thể tích

Cách tiến hành tương tự như mục 12.2.1, riêng dụng cụ đo thay bình *1* bằng một buret cũng có van *2* và chia độ để đo thể tích (ống *5* và nhiệt kế *7* không cần lắp). Dung dịch ăn mòn (bảng 12.1) rót vào buret, mở van *2* cho dung dịch xói vào một điểm cần đo chiều dày, quan sát điểm đo đến khi xuất hiện màu đặc trưng cho thời điểm kết thúc. Khóa van 2 và đọc thể tích *V* (ml) đã dùng. Tính chiều dày lớp mạ δ theo công thức:

$$\delta = d_v .\ V,\ \mu m$$

trong đó: d_v – chiều dày bị ăn mòn (tính theo μm) bởi 1 ml dung dịch tại một nhiệt độ nhất định (bảng 12.3);

V – thể tích dung dịch đã dùng từ buret, ml.

Để tăng độ chính xác của phép đo cần đảm bảo tốc độ chảy của dung dịch từ mao quản ra là 10 ± 0,5 ml trong 30 s.

Sai số của phương pháp đo này là ±15%.

Đo chiều dày lớp mạ thiếc dùng dung dịch sau:

H_2SO_4	30 g/l
$FeCl_3.6H_2O$	10 g/l
HCl (1N)	60 ml/l

Bảng 12.3. Chiều dày d_v bị hòa tan bởi 1 ml dung dịch

Nhiệt độ, °C	*d_v, μm*				
	Lớp mạ Sn	*Lớp mạ Zn*	*Lớp mạ Cd*	*Lớp mạ Cu*	*Lớp mạ Ni*
12	2,80	1,465	0,886	1,777	0,995
13	–	1,501	0,900	1,872	1,091
14	–	1,540	0,914	1,967	1,211
15	2,94	1,597	0,929	2,062	1,355
16	–	1,610	0,943	2,173	1,510
17	–	1,645	0,947	2,284	1,681
18	3,12	1,688	0,971	2,396	1,832
19	–	1,740	0,986	2,507	1,908
20	–	1,776	1,000	2,618	1,996
21	3,33	1,845	1,014	2,726	2,070
22	–	1,895	1,029	2,834	2,151
23	–	1,945	1,043	2,941	2,242
24	3,58	1,990	1,057	3,048	2,347
25	–	2,033	1,071	3,155	2,433
26	–	2,080	1,086	–	2,520
27	3,84	2,126	1,100	–	2,620

12.2.3. Phương pháp nhỏ giọt

Nhỏ một giọt dung dịch ăn mòn lên bề mặt mạ cần kiểm tra, để một thời gian nhất định, thấm hết dung dịch bằng giấy lọc, nhỏ tiếp lên đó một giọt khác, cứ thế lặp lại cho đến khi chỗ thử xuất hiện màu đặc trưng của nền, của lớp mạ lót hay của đồng thoát ra do phản ứng tiếp xúc.

Dung dịch ăn mòn dùng cho phương pháp nhỏ giọt kê ở bảng 12.4.

Bảng 12.4. Dung dịch đo chiều dày bằng phương pháp nhỏ giọt

Lớp mạ	*Thành phần dung dịch đo*	*Nồng độ, g/l*	*Thời gian lưu giọt, s*
Kền	$FeCl_3.6H_2O$ $CuSO_4.5H_2O$	300 100	30
Đồng	$AgNO_3$	44	60
Kẽm, cađimi	I (iot tinh thể) KI (kali iodua)	100 200	(Zn) (Cd)
Thiếc	$FeCl_3.6H_2O$ $CuSO_4.5H_2O$ HCl (1N)	75 50 300 ml/l	30
Bạc	HNO_3 (1,43)	Pha loãng 1/1	30

Chiều dày lớp mạ δ tính theo công thức:

$$\delta = d_g . (0,5\, n),\ \mu m$$

trong đó: d_g – chiều dày lớp mạ bị ăn mòn bởi 1 giọt dung dịch (phụ thuộc nhiệt độ) kê ở bảng 12.5;

n – số giọt dung dịch đã thử nghiệm.

Để tăng độ chính xác phép đo, trước khi thử cần tẩy sạch dầu mỡ cho mẫu, rửa, sấy khô, để nguội, dùng bút lông chấm sáp hay parafin nóng chảy khoanh vòng tròn quanh điểm cần nhỏ giọt.

Sai số của phương pháp này là $\pm$ 20%.

Phương pháp không phá hủy mẫu như: từ, điện từ, phóng xạ, dòng điện xoáy, quang học... Phương pháp mẫu bị phá hủy như: kim tương, trọng lượng...

Chọn phương pháp nào là tùy thuộc vào vật liệu nền và vật liệu lớp mạ như bảng 12.6.

Các phương pháp vật lý thường được áp dụng để chế tạo các thiết bị, các dụng cụ đo chiều dày có bán trên thị trường và luôn kèm theo bản thuyết minh, hướng dẫn cách dùng.

Bảng 12.5. Chiều dày d_g bị ăn mòn bởi 1 giọt dung dịch (μm)

Nhiệt độ, °C	d_g (μm) của các lớp mạ					
	Kền (30 s)	Đồng (60 s)	Kẽm (60 s)	Cađimi (30 s)	Thiếc (30 s)	Bạc (30 s)
12	Trong khoảng 12 – 30 °C d_g = 0,7	0.83	0,87	Trong khoảng 12 – 30 °C d_g = 1,1	–	Trong khoảng 15 – 25 °C d_g = 3,0
13		0,85	0,91		–	
14		0,87	0,96		–	
15		0,89	1,01		0,94	
16		0,93	1,05		–	
17		0,97	1,09		0,98	
18		1,01	1,14		–	
19		1,05	1,18		1,02	
20		1,08	1,24		–	
21		1,11	1,27		1,06	
22		1,14	1,32		–	
23		1,16	1,36		1,10	
24		1,18	1,40		–	
25		1,20	1,45		1,14	
26		1,21	1,52		–	
27		1,23	1,59		1,18	
28		1,24	1,66		–	
29		1,25	1,79		1,22	
30		1,26	1,80		–	

12.2.4. Các phương pháp vật lý

Bảng 12.6. Cách chọn phương pháp đo vật lý

Vật liệu nền	Lớp mạ, phủ dẫn điện		Lớp phủ không dẫn điện
	Kim loại không từ tính	Kim loại có từ tình	Phi kim, Vô cơ
Từ tính (thép, gang, kền)	Phương pháp từ, điện từ, phóng xạ	Phương pháp từ, điện từ, phóng xạ	Phương pháp từ, điện từ, phóng xạ, dòng điện xoáy
Dẫn điện, không từ tính (Al, Cu ...)	Phương pháp dòng điện xoáy, phóng xạ	Phương pháp dòng điện xoáy, phóng xạ	Phương pháp dòng điện xoáy, phóng xạ
Không dẫn điện, không từ tính (chất dẻo, gốm sứ...)	Phương pháp dòng điện xoáy, phóng xạ	Phương pháp từ, điện từ, phóng xạ	–

12.3. ĐO ĐỘ XỐP

12.3.1. Đo độ xốp lớp mạ

Phát hiện lỗ xốp, lỗ hở lớp mạ bằng cách dùng thuốc thử cho chui qua lỗ thủng vào phản ứng với kim loại nền hay lớp mạ lót thành hợp chất có màu.

Cách làm: Cắt giấy lọc thành miếng 3 hay 4 cm^2, tẩm thuốc thử (bảng 12.7), áp lên bề mặt lớp mạ (đã tẩy dầu mỡ, rửa, sấy khô, để nguội), sau một thời gian quy định bóc giấy ra, rửa dưới vòi nước, áp lên tấm thủy tinh, đếm tổng số điểm màu trên giấy, tính độ xốp (bằng số điểm màu trên 1 cm^2).

Bảng 12.7. Thuốc thử đo độ xốp lớp mạ

Lớp mạ	*Kim loại nền hay lớp mạ lót*	*Thành phần dung dịch, g/l*	*Thời gian lưu giấy, ph*	*Màu biểu thị lỗ xốp*
Cu	Thép	$K_3Fe(CN)_6$ 40	20	Xanh biển
Ni; Cr; Pb		$NaCl$ 15	3 – 5	
Sn			60	
Cr	Thép	$K_3Fe(CN)_6$ 10	10	Xanh biển
Ni – Cr		NH_4Cl 30		
Cu – Ni – Cr		$NaCl$ 60		
Sn	Thép	$K_3Fe(CN)_6$ 10 $NaCl$ 5	60	Xanh biển
Ni	Thép		5	Xanh biển
	Cu và hợp kim Cu		10	Đỏ nâu
		$K_3Fe(CN)_6$ 10		
Cu – Ni		$NaCl$ 20	10	Xanh biển, đỏ nâu và vàng
Ni – Cu – Ni	Thép			
Cu			20	Xanh biển
	Thép			

Để tăng độ chính xác của phép đo cần chú ý:

– Áp giấy sát với bề mặt lớp mạ, không có bọt khí ngăn cách chúng;

– Đo độ xốp cho lớp mạ có lớp đồng lót, sau khi áp giấy cần bổ sung thêm vài giọt thuốc thử nữa nhờ mảnh giấy khác tẩm đẫm thuốc thử nhỏ lên;

– Mẫu mới mạ xong trước khi đo độ xốp không cần tẩy dầu mỡ;

– Lớp mạ thiếc sau khi tẩy dầu mỡ hay xử lý trong kiềm phải hoạt hóa lại lớp thiếc trong H_2SO_4 5% khoảng 1 ph ở nhiệt độ phòng trước khi đo; có thể bổ sung vài giọt dung dịch trong quá trình đo;

– Đo độ xốp lớp mạ crom phải tiến hành ngay sau khi mạ không quá 30 ph;

– Đếm các chấm màu dưới ánh sáng ban ngày hoặc ánh sáng điện trên 300 lux.

Để phát hiện lỗ thủng đến lớp đồng hay lớp kền cần xử lý giấy bóc ra trong dung dịch gồm:

$K_4Fe(CN)_6.3H_2O$	40 g/l
$(CH_3CNOH)_2$ dimetilglyoxim	2 g/l
NH_4OH (0,91)	500 ml/l

Sau khi xử lý: nếu lỗ thủng đến đồng thì các chấm vàng sẽ biến mất; nếu thủng đến kền sẽ xuất hiện các chấm màu hồng.

12.3.2. Đo độ kín lớp nhôm oxit

Phát hiện các điểm, các vùng bề mặt nhôm chưa được phủ lớp oxit bằng cách nhúng sản phẩm vào dung dịch thử có chứa ion đồng để chúng thoát tiếp xúc thành nguyên tử đồng có màu đỏ hồng.

Cách làm: Nhúng mẫu nhôm đã oxy hóa cần thử vào dung dịch sau:

$CuSO_4.5H_2O$	20 g/l
HCl (d = 1,19)	20 ml/l
Nhiệt độ	18 – 25 °C
Thời gian	5 ph

Sau đó rửa, sấy khô và quan sát mẫu bằng mắt thường. Các chấm đỏ hồng biểu thị cho chỗ bề mặt nhôm chưa được che phủ.

12.4. ĐO ĐỘ BỀN ĂN MÒN CỦA MÀNG OXIT

Sau khi oxy hóa, rửa nước lạnh, thấm khô mẫu bằng giấy lọc. Nhỏ 1 – 2 giọt dung dịch thử lên vài ba điểm cách xa nhau, đồng thời bấm đồng hồ đếm thời gian và quan sát màu sắc màng tại các điểm thử nghiệm, khi nó chuyển thành màu xanh lục là lúc kết thúc thử nghiệm. Thời gian chưa bị biến màu càng lâu chứng tỏ chất lượng bảo vệ chống ăn mòn của màng càng tốt.

Dung dịch thử có thành phần như sau:

$K_2Cr_2O_7$	3 g
HCl (d = 1,19)	25 ml
Nước	75 ml

Dung dịch có màu da cam, khi tác dụng với kim loại nền Cr^{6+} sẽ bị khử thành Cr^{3+} có màu xanh lục, ví dụ:



$$2Al + Cr_2O_7^{2+} + 14 H^+ = 2Al^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Để tăng độ chính xác cho phép đo cần chú ý:

– Đo ở cùng một nhiệt độ để tiện so sánh, vì nhiệt độ càng cao thời gian thử càng bị rút ngắn;

– Giọt dung dịch thử dễ bị loang rộng trên mặt mẫu gây khó khăn cho phép đo; để khắc phục có thể khoanh vòng tròn bằng sáp nóng chảy hay bằng sơn peclovinyl hoặc bằng các biện pháp thích hợp...

12.5. ĐO ĐỘ GẮN BÁM CỦA LỚP MẠ

Có thể xác định độ gắn bám của lớp mạ với nền bằng các phương pháp đơn giản cho kết quả gần đúng sau đây.

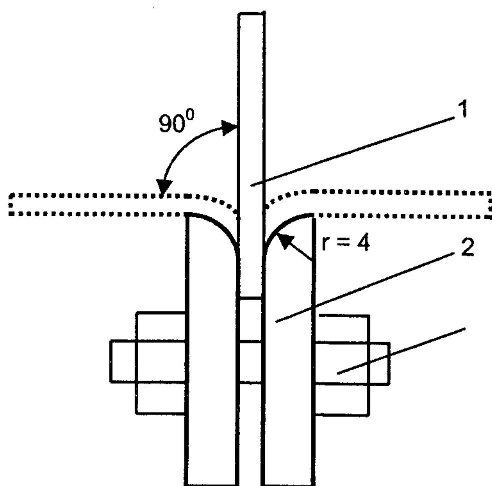
12.5.1. Phương pháp gạch khía

Dùng mũi nhọn, sắc, cứng khía thủng lớp phủ thành những đường cắt thẳng góc với nhau, quan sát chỗ giao nhau của các đường khía bằng kính lúp, nếu lớp mạ không bị bong vênh tại các đỉnh góc vuông là đạt yêu cầu về độ gắn bám.

Theo tiêu chuẩn Việt nam TCVN 4392 – 1986, dùng mũi nhọn có r = 0,1 mm rạch thủng lớp mạ trên bề mặt mẫu thử các đường song song và vuông góc, cách nhau 1 mm, lớp mạ không được bong tróc ở các ô vạch.

12.5.2. Phương pháp bẻ gập

Mẫu mạ là những tấm, lá mỏng có thể thử độ gắn bám bằng cách bẻ gập mẫu 90^o trên má kẹp vê tròn cạnh với r = 4 mm (hoặc kẹp giữa hai thanh kim loại tròn có đường kính d = 8 mm) nhiều lần về hai phía đối nhau (hình 12.2) cho đến khi lớp mạ bị bong ra. Số lần bẻ 90^0 đặc trưng cho độ gắn bám của lớp mạ với nền, ví dụ, lớp mạ Ni trên nền thép tối thiểu phải đạt bốn lần bẻ 90^0 mà không bong rộp, cho dù có bị rạn nứt lớp mạ.



Hình 12.2. Đo độ gắn bám theo phương pháp bẻ gập 90^0

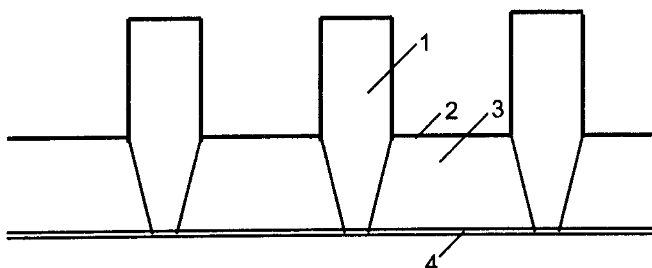
1. Mẫu thử; 2. Má kẹp; 3. Ốc xiết chặt.

12.5.3. Phương pháp nung nóng

Nung nóng mẫu thử lên 200 – 250 °C, do hệ số giãn nở của kim loại mạ và kim loại nền khác nhau gây nên ứng suất lớn làm lớp mạ bong ra nếu độ gắn bám không đủ tốt.

12.5.4. Phương pháp kéo tách

Nền là tấm kim loại dày có nhiều lỗ khoan thủng hình nón cụt, chêm kín các lỗ này bằng các chốt (cùng loại vật liệu với nền) có đầu hình nón cụt, sao cho mặt dưới của nền khi mạ xong tất cả nền và chốt đều có lớp mạ phủ kín thàn một mặt phẳng đồng nhất (hình 12.3). Bề mặt tiếp xúc giữa lỗ và chốt phải rà kỹ bằng bột rà mịn để lắp cho thật khít.



Hình 12.3. Sơ đồ mẫu đo bằng phương pháp tách cơ học

1. Chốt; 2. Sơn cách điện; 3. Nền; 4. Lớp mạ.

Chỉ mạ lên mặt dưới của nền và các đầu chốt, các mặt khác sơn cách điện. Sau khi mạ xong phải bỏ hết lớp sơn rồi đo độ gắn bám bằng cách kéo chốt tách khỏi lớp mạ nhờ một máy đo độ bền kéo kim loại.

Độ gắn được tính định lượng (kg/mm^2) bằng lực kéo lúc chốt tách khỏi lớp mạ (kg) chia cho diện tích lớp mạ đã tách khỏi đầu chốt (mm^2). Đo vài ba lần rồi lấy giá trị trung bình.

Phương pháp này thích hợp cho việc kiểm tra các lớp mạ rất dày.

12.6. ĐO ĐỘ CỨNG LỚP MẠ

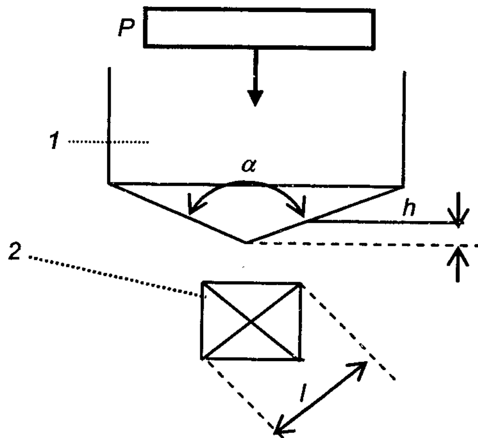
Độ cứng tế vi lớp mạ thường đo bằng cách dùng một phụ tải P (từ 0,005 – 0,5 kg) đè lên mũi kim cương hình chóp bốn mặt (có góc giữa hai mặt ở đỉnh là $\alpha = 136^0$) ấn xuống bề mặt lớp mạ cần đo, tạo nên vết lún hình vuông có đường chéo l (mm) trên mặt phẳng của bề mặt lớp mạ (hình 12.1). Độ cứng H được tính theo công thức:

$$H = (2P \sin \alpha/2) / l^2 = 1{,}8544\, P/l^2, \text{kg/mm}^2$$

Đại lượng H thường kèm theo một chỉ số, ví dụ: H_{50} có nghĩa độ cứng đo với phụ tải P không đổi là 50 g, hoặc H_μ là độ cứng tế vi nếu đo được đường chéo l theo đơn vị micromet (nhờ một kính hiển vi lắp trên máy đo)...

Có các cỡ phụ tải chế tạo sẵn: 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 kg.

Chọn dùng phụ tải nào phải căn cứ vào các dữ liệu sau:



Hình 12.4. Sơ đồ đo độ cứng tế vi

1. Đầu mũi kim cương; 2. Vết lún trên mẫu đo độ cứng.

Trường hợp mẫu đo là kim loại hay hợp kim đồng nhất thì chiều dày d của mẫu tối thiểu phải lớn gấp 1,5 lần chiều dài đường chéo l của vết lún, tức $d \geq 1,5\ l$. Đối với mũi đo có góc ở đỉnh là 136^0 thì quan hệ giữa l và chiều sâu vết lún h sẽ là $h = 0,143l$ cho nên chiều dày mẫu d sẽ phải bằng $d = 10,5\ h$ (hình 12.4).

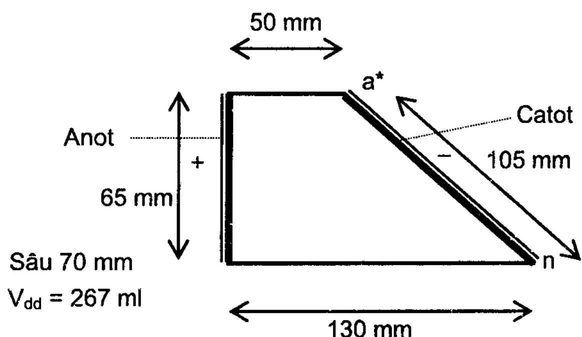
Trường hợp mẫu đo là lớp mạ trên nền kim loại thì tùy theo độ cứng của nền mà chọn chiều dày tối thiểu d cho lớp mạ để phép đo không bị sai số do ảnh hưởng của nền bị lún gây ra. Nếu độ cứng của nền bằng hoặc lớn hơn độ cứng của lớp mạ thì chỉ cần chiều dày lớp mạ $d > 0,21l$; nếu ngược lại thì phải đảm bảo $d > 0,29l$.

Để đo được chính xác cần mài phẳng và nhẵn mẫu đo để được vết đo vuông vắn; chọn phụ tải P sao cho l có giá trị trong khoảng $5 \div 25\ \mu m$.

Hiện nay nước ta hay dùng máy đo độ cứng ПМТ–3 của Nga và một số các máy khác.

12.7. KIỂM TRA BẰNG BÌNH HULL

Bình mạ kiểu Hull dùng làm thí nhiệm để kiểm tra, đánh giá nhanh chóng chất lượng lớp mạ ngay trong quá trình đang sản xuất xem nó phụ thuộc vào những yếu tố nào để kịp thời điều chỉnh ngay, đảm bảo cho sản xuất luôn ổn định. Các yếu tố mà bình Hull có thể phát hiện là mật độ dòng điện, cân bằng hóa chất của dung dịch, nồng độ chất bóng, dải mật độ dòng điện cho lớp mạ tốt nhất, nồng độ tạp chất... đã dùng đúng hay chưa. Hình 12.5 và 12.6 mô tả bình Hull dưới các góc độ khác nhau.



Hình 12.5. Bình Hull (hình dạng và kích thước ngoài)

Dòng điện không đổi I đưa vào bình Hull từ 1 – 5 A tùy từng loại dung dịch. Mật độ dòng điện cục bộ i_x (mA/cm^2) tại điểm x trên catot (tính từ đầu a* gần anot nhất) được xác định theo công thức:

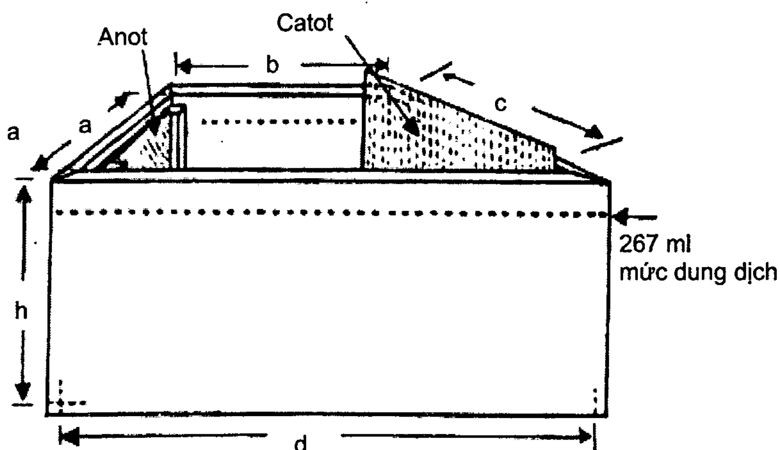
$$i_x = 10\,I\,(a - b.\log_{10} x)$$

trong đó: i_x – mật độ dòng điện cục bộ tại điểm trên catot có khoảng cách x kể từ mút a* của catot (xem hình 12.5), mA/cm^2;

I – dòng điện đưa vào bình Hull, A;

x – khoảng cách dọc theo catot tính từ đầu a* gần anot nhất, cm;

a và b là các hằng số, đối với loại bình Hull 267 ml thì a = 5,1 và b = 5,24.



Hình 12.6. Phối cảnh bình Hull

a = 62,5 mm, b = 48 mm, c = 102 mm

d = 128 mm, h = 70 mm

Kích thước catot 102 × 70 mm

Từ phương trình trên, nếu ta cho các giá trị của x lần lượt là a, b, c,... m, n rồi tính ra các giá trị i_x tại các điểm tương ứng đó và xây dựng thành thước Hull thì sẽ rất thuận tiện cho việc sử dụng. Chỉ cần đặt thước này dọc theo catot đã mạ sẽ biết ngay chất lượng lớp mạ như độ bóng, độ đồng đều, mức độ và cách thức hư hỏng của lớp mạ... phụ thuộc vào mật độ dòng điện (i_x) như thế nào.

Thường dùng I = 2A và khi đó i_x sẽ trải thành một dải rộng từ lớn (tại a) đến nhỏ (tại n), thích hợp với khá nhiều loại dung dịch mạ.

Lấy một ví dụ về cách xây dựng thước Hull như sau:

– Lần lượt lấy x bằng 1, 2, 3.... 8, 9 cm;

– Tính logx với các giá trị x này;

– Chọn I = 2A và tính i_x theo công thức trên.

Kết quả được một kiểu thước Hull như sau:

Vị trí x, cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9...
i_x, A/dm^2	10,2	7,05	5,2	3,89	2,87	2,05	1,35	0,75	0,2...

Có thể tay đổi các giá trị x để có được các giá trị i_x như mong muốn. Các giá trị tính i_x của thước đo này ứng với dải phân bố dòng điện sơ cấp nên có thể không thật khớp với một số dung dịch mạ (như dung dịch xyanua chẳng hạn), nhưng với dung dịch mạ kền nó cho kết quả rất tốt.

Bình Hull và các phụ kiện có nhiều loại và kiểu dáng khác nhau, có bán sẵn trên thị trường.

Chương 13

VẬT TƯ DÙNG TRONG XƯỞNG MẠ

13.1. ANOT

Chọn dùng anot cần đảm bảo chiều dài (sâu) anot phải bằng chiều dài (sâu) khung treo vật mạ, số lượng anot phải đủ lớn để tránh thụ động do mật độ dòng điện quá lớn, phải bố trí anot trong bể mạ sao cho dòng điện đi trong dung dịch đến vật mạ được đồng đều giúp cho lớp mạ dày đều mọi phía, không để móc treo anot ngập dưới dung dịch, phải bao anot bằng vải chịu hóa chất (polypropylen) để giữ cặn, mùn anot lại.

Anot kẽm có các loại cán và đúc. Thành phần (%): Zn > 99,8; Pb < 0,03; Fe < 0,07; Cu < 0,002; As < 0,005; Sn < 0,002; Nb < 0,005; Bi < 0,002. Tạp chất có hại cần kiểm tra: Fe, Cu, As. Anot kẽm được sản xuất theo các cỡ:

1000 × 500 × 5	1000 × 500 × 6	900 × 600 × 6
900 × 500 × 8	900 × 320 × 6	900 × 300 × 6
900 × 120 × 6	800 × 500 × 10	700 × 500 × 12
600 × 120 × 10	500 × 500 × 6	450 × 200 × 10
450 × 200 × 12		

Anot cađimi: Tạp chất có hại cần kiểm tra: Pb, As, Sn.

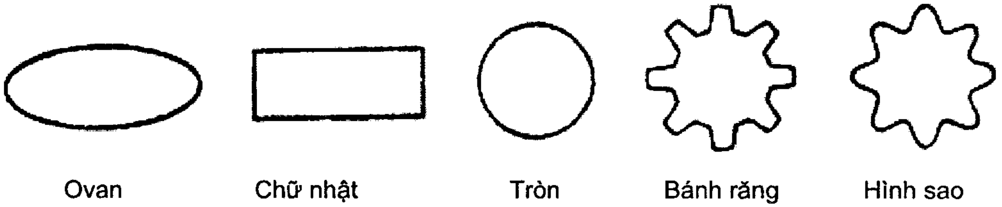
Kích cỡ: chiều dày (mm) 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, và 15;

chiều rộng150 và 300 mm; chiều dài 500 mm.

Anot thiếc: Hàm lượng (%): Sn > 99,90 (dùng để mạ dụng cụ đựng thực phẩm); Pb < 0,04; Cu < 0,01; As < 0,015. Tạp chất có hại cần kiểm tra: Pb, Cu, As, S. Kích cỡ anot: tự đúc theo yêu cầu của xưởng.

Anot chì hòa tan dùng cho mạ chì. Hàm lượng (%): Pb > 99,985; tạp chất có hại cần kiểm tra: Fe < 0,001; Sb < 0,01. Kích thước: tự cắt hay đúc lấy theo yêu cầu của xưởng, mỗi anot chỉ nên nặng 30 – 40 kg.

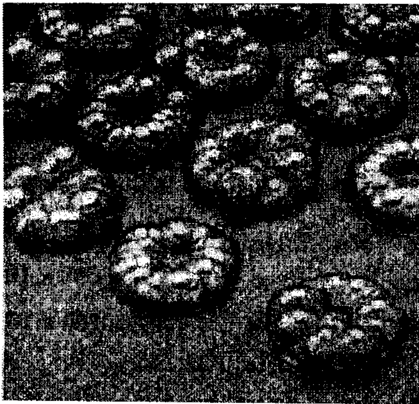
Anot chì không tan dùng cho mạ crom, mạ antimon, thường pha thêm 6 – 8% Sb, nhưng tốt nhất là pha 4 – 6% Sn. Tự đúc lấy theo kích thước yêu cầu của xưởng. Dùng lâu phải cọ rửa sạch bề mặt hoặc tẩy trong dung dịch: NaOH 80 – 120 g/l, $KNaC_4H_4O_6$ 80 – 100 g/l, nhiệt độ 20 – 35 °C, thời gian 1 – 2 h, sau đó rửa sạch. Hình 13.1 giới thiệu một số tiết diện anot chì không tan hay dùng.

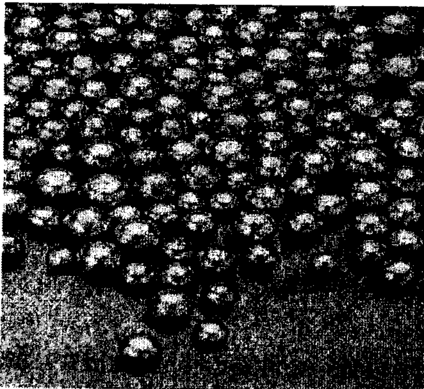


Hình 13.1. Một số tiết diện anot chì hay dùng

Anot đồng cần bằng phẳng, nhẵn, không hoen ố. Hàm lượng (%): Cu > 99,7; As < 0,002; Sb < 0,005; Fe < 0,05. Tạp chất có hại cần kiểm tra: As, Sb, S. Kích cỡ sản xuất sẵn có chiều dày từ 2 đến 15 mm, chiều rộng từ 100 – 1000 mm, chiều dài từ 300 – 2000 mm. Cũng có thể tự cắt hay đúc lấy.

Anot kền có các loại: cán nóng, đúc, không bị thụ động (chứa S). Hàm lượng (%): Ni + Co > 99,5; Fe < 0,25; S < 0,02; Cu < 0,1. Tạp chất có hại nhất là Cu.






Hình 13.2. Các anot kền dạng hạt

Kích cỡ (mm) có nhiều loại:

– Loại tấm dày từ 4 – 12, rộng 100 – 250, dài 400 – 1500;

– Loại ovan tiết diện 80 × 35, dài 400 – 120;

– Loại hạt: dạng bi (đường kính từ 6 đến 12), dạng cúc áo (dày ~ 6, đường kính ~ 25), dạng đồng xu (dày ~ 9, đường kính ~ 25), dạng mảnh vuông (25 × 25 × 6)... Chúng được đựng trong giỏ anot bằng titan (có mắt lưới cỡ 30 mm × 13 mm), lồng trong túi vải polypropylen. Cũng có thể đựng trong giỏ nhựa có thanh tiếp điện bằng titan (xem mục 16.2).

Hình 13.2 giới thiệu một số loại anot kền dạng hạt.

Anot bạc: Hàm lượng Ag > 99,99%. Hình tấm chữ nhật, có hai lỗ để treo, dày 2 – 10 mm, rộng 50, 100, 150, dài từ 100 đến 30 mm.

Anot vàng: Hàm lượng Au > 99,99%. Hình tấm chữ nhật, có hai lỗ đường kính 5 – 6 mm để treo, dày từ 0,1 đến 5 mm, rộng 50, 100 và 150 mm, dài 100, 200, 300 mm.

Anot bạch kim: Hàm lượng Pt > 99,7%. Kích thước: tùy theo người làm (tự làm lấy).

13.2. VẬT LIỆU MÀI, ĐÁNH BÓNG

Xem mục 2.2 chương 2 và các mục 14.1, 14.2, 14.3 chương 14.

13.3. CÁC LOẠI HÓA CHẤT

13.3.1. Dung môi hữu cơ

Dùng để tẩy sơ bộ dầu mỡ. Các loại thường dùng như sau:

Cacbon tetraclorua CCl_4 kỹ thuật, không màu, dễ bay hơi, không cháy, tẩy rất hiệu quả, trong lượng riêng 1,59, phân tử lượng 154.

Tricloetylen $CHCl_3$, không cháy, tẩy ở dạng hơi trong buồng máy kín chuyên dụng, trọng lượng riêng 1,4, phân tử lượng 119,5.

Dicloetan $C_2H_4Cl_2$ kỹ thuật, không cháy, tẩy dầu mỡ tốt, hòa tan được thủy tinh hữu cơ và nhiều chất dẻo khác, phân tử lượng 99.

Dầu hỏa dùng tẩy sơ bộ dầu mỡ nhưng cần phải chải.

Dầu cọc sợi số 2 và số 3, đun nóng 80 – 90 °C để hòa tan mỡ bảo vệ trên vũ khí, vazelin kỹ thuật, dầu xolizôn...

Xăng máy bay loại không chì, dễ cháy, tẩy rất sạch.

Xăng ô tô loại không chì, dễ cháy, dùng tẩy sơ bộ.

Xăng dung môi dễ cháy, để tẩy sơ bộ.

13.3.2. Kiềm và axit

NaOH – natri hydroxyt – xút, kết tinh thành khối. Trọng lượng riêng 2,02, phân tử lượng 40. Độ hòa tan trong nước ở 16 – 20 °C là 1088 g/l. Xút rắn có hai loại A và B; xút lỏng 42 – 50% có nhiều tạp chất Na_2CO_3 và Fe. Dùng tẩy dầu mỡ hóa học, điện hóa, pha chế bể mạ thiếc, mạ kẽm, đồng, oxy hóa... Phụ lục 7 cho biết quan hệ giữa nồng độ %, tỷ trọng, g/l và mol/l của NaOH.

KOH – kali hydroxyt, phân tử lượng 56,1, kết tinh thành khối màu trắng hơi tím. Hòa tan nhiều trong nước hơn xút. Có các loại: thượng hạng, loại A, loại B và loại rắn (thành phần 95%). Có thể dùng thay xút trong tất cả các trường hợp. Phụ lục 6 cho biết quan hệ giữa nồng độ %, tỷ trọng, g/l và mol/l của KOH.

Na_2CO_3 – natri cacbonat, phân tử lượng 106, bột trắng, trọng lượng riêng 2,5, độ hòa tan 6000 g/l. Có các loại dùng cho cơ khí, cho nhiếp ảnh, quang học, thành phần Na_2CO_3 95%. Dùng tẩy dầu mỡ hóa học, điện hóa.

NH_4OH – amoniac, phân tử lượng 35, loại kỹ thuật là chất lỏng không màu, mùi khai, có hai loại A và B, thành phần NH_3 trên 25% trọng lượng. Phụ lục 8 cho biết quan hệ giữa nồng độ %, tỷ trọng, g/l và mol/l của NH_3.

CaO – vôi, phân tử lượng 56, dạng cục hay bột mịn, thành phần CaO trên 95%. Dạng khô lau, quay, xóc... vật mạ, dạng ướt (vôi tôi) để tẩy dầu mỡ cho vật quá to hoặc vật không cho phép tẩy bằng xút; dùng ngâm chờ mạ hoặc trung hòa sau khi mạ. Dùng xử lý nước thải mạ.

$Na_3PO_4.12H_2O$ – trinatri photphat, phân tử lượng 380, kỹ thuật, bột trắng, độ hòa tan 95 g/l, hàm lượng $Na_3PO_4.12H_2O$ 95%. Dùng tẩy dầu mỡ và pha chế một số dung dịch mạ.

Na_2SiO_3 – natri silicat – thủy tinh lỏng, chất lỏng nhớt, sệt, trong suốt nhưng hơi xám. Trọng lượng riêng 1,4 – 1,5; phân tử lượng 122; có ba loại sản phẩm. Dùng tẩy dầu mỡ hóa học.

H_2SO_4 – axit sunfuric, loại công nghiệp, chất lỏng nhớt hơi vàng, trọng lượng riêng 1,84 (xem phụ lục 2), phân tử lượng 98. Tạp chất chính Fe. Dễ gây bỏng nặng. Dùng tẩy gỉ, tẩy nhẹ, tẩy bóng... Khi pha loãng chỉ được phép rót từ từ axit vào nước, **không được rót nước vào axit!**

HCl – axit clohydric, loại công nghiệp là chất lỏng không màu hoặc hơi vàng, mùi hắc. Trọng lượng riêng 1,15, phân tử lượng 36,5. Hàm lượng HCl 31% (xem phụ lục 3). Tạp chất chính Fe. Dùng tẩy gỉ, tẩy nhẹ, tẩy bóng sắt thép, nhôm, chì...

HNO_3 – axit nitric, loại công nghiệp, trọng lượng riêng 1,38 – 1,4, mùi hắc (xem phụ lục 4), phân tử lượng 63. Có hai loại A và B. Tạp chất chính H_2SO_4. Thường đựng trong bao bì sành, sứ, thủy tinh, nhôm. Dùng tẩy gỉ đồng, hợp kim đồng, tẩy bóng nhôm, kẽm...

H_3PO_4 – axit photphoric, chất lỏng nhớt, trọng lượng riêng 1,6, phân tử lượng 98 hoặc rắn (xem phụ lục 5). Hàm lượng H_3PO_4 trên 70%. Dùng tẩy bóng kim loại, pha chế một số dung dịch mạ.

Loại axit octophotphoric, chất rắn, hàm lượng H_3PO_4 100%.

HF – axit flohydric, loại công nghiệp là chất lỏng linh động, không màu. Trọng lượng riêng 0,98, phân tử lượng 20, hàm lượng HF 40%. Đựng trong thùng nhựa; dùng để chế HBF_4 – axit bofloric (xem 5.1.1) và tẩy titan. HF ăn mòn thủy tinh, gốm sứ.

H_3BO_3 – axit boric, phân tử lượng 62, tinh thể vảy nhỏ, trắng, độ hòa tan trong nước 15 – 25 °C là 40 g/l (xem phụ lục 1). Hàm lượng H_3BO_3 99,5%, không chứa tạp chất có hại. Dùng nhiều trong mạ kền và chế HBF_4.

CrO_3 – anhydric cromic, phân tử lượng 100, pha trong nước thành axit cromic. Kết tinh màu đỏ nâu, hút ẩm mạnh. Độ hòa tan trong nước 625 g/l (xem bảng 7.2). Hàm lượng CrO_3 trên 99,2%; tạp chất H_2SO_4 khoảng 0,4%. Dùng mạ crom, tẩy bóng kim loại, oxy hóa nhôm, hòa tan đồng...

13.3.3. Muối và các hóa chất khác

$AgNO_3$ – bạc nitrat, phân tử lượng 169,8, tinh thể không màu, để ngoài sáng sẽ đen dần. Độ hòa tan trong nước 600 g/l, cần pha chế và giữ dung dịch trong tối. Dùng để chế phức bạc trong các dung dịch mạ bạc. Không lẫn tạp chất có hại.

$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ – nhôm sunfat, phân tử lượng 666,4, tinh thể không màu. Dùng ổn định pH cho bể mạ kẽm sunfat, có thể thay bằng phèn chua – $KAl(SO_4)_2.12H_2O$.

CdO – cađimi oxit, phân tử lượng 128,4, bột nâu sẫm, không tan trong nước và xút; hòa tan trong dung dịch NaCN. Dùng để pha dung dịch xyanua mạ cađimi. Hàm lượng CdO trên 98,5%. Tạp chất có hại: Cu, Fe, Pb.

$CdSO_4.8/3H_2O$ – cađimi sunfat, phân tử lượng 256,5, kết tinh, hòa tan trong nước đến 400 g/l. Dùng trong mạ cađimi sunfat. Tạp chất có hại: Pb, Cu, Fe.

CuCN – đồng xyanua, phân tử lượng 89,5, bột vàng nhạt, không tan trong nước, tan trong dung dịch NaCN, rất độc. Dùng pha bể mạ đồng xyanua. Hàm lượng CuCN trên 98%. Tạp chất có hại: cacbonat.

$CuSO_4.5H_2O$ – đồng sunfat, phân tử lượng 249,6, tinh thể màu xanh lam sẫm, hòa tan trên 300 g/l trong nước (xem phụ lục 1). Dùng pha bể mạ đồng sunfat và xyanua. Hàm lượng $CuSO_4.5H_2O$ trên 98,2%. Tạp chất: Fe và các chất không tan.

$FeSO_4.7H_2O$ – sắt (II) sunfat, phân tử lượng 278, tinh thể màu lục nhạt, dễ bị oxy hóa và biến dần thành màu gỉ sắt. Hòa tan tốt trong nước. Dùng trong mạ Fe và khử độc xyanua. Có thể tự chế lấy từ phoi sắt và H_2SO_4.

H_2O_2 – nước oxy già, phân tử lượng 34, dung dịch 30%, giữ trong tối. Dùng làm chất oxy hóa trong khi xử lý các bể mạ.

KCN – kali xyanua, phân tử lượng 65,1, bột trắng mịn hoặc viên quả bàng. Độ hòa tan trong nước 700 g/l, rất độc. Dùng pha chế các dung dịch mạ xyanua như NaCN nhưng có nhiều ưu điểm hơn NaCN. Loại tốt chứa trên 95% KCN; tạp chất có hại: K_2CO_3. Đóng gói trong thùng sắt, chất dẻo...

$K_2Cr_2O_7$ – kali bicromat, phân tử lượng 294,1, tinh thể màu da cam, hòa tan nhiều trong nước. Dùng để thụ động Zn, Cd, màng oxit nhôm..., có thể thay bằng $Na_2Cr_2O_7$.

$K_4Fe(CN)_6$ – kali feroxyanua, phân tử lượng 368,3, tinh thể màu vàng sáng. Độ hòa tan trên 200 g/l. Dùng trong mạ vàng, bạc...

$K_3Fe(CN)_6$ – kali feri xyanua, phân tử lượng 329,2, tinh thể màu vàng xỉn. Dùng đo độ xốp lớp mạ.

KI – kali iođua, phân tử lượng 166, tinh thể không màu, hòa tan trong nước đến 550 g/l. Dùng pha các dung dịch mạ bạc phi xyanua. Không được lẫn tạp chất có hại.

$KNaC_4H_4O_6.4H_2O$ – kali natri tatrat hay muối Xâynhet, phân tử lượng 250, kết tinh không màu, tan nhiều trong nước.

$KMnO_4$ – kali pemanganat là tinh thể màu tím sẫm, dễ tan trong nước. Nó là chất oxy hóa mạnh, có thể oxy hóa ngay các chất hữu cơ, chuyển Fe^{2+} thành Fe^{3+}, oxy hóa axit H_2SO_3 thành H_2SO_4, giải phóng Cl khỏi HCl. Tính oxy hóa mạnh nhất trong môi trường axit.

$MgSO_4.7H_2O$ – mage sunfat, phân tử lượng 246,5, tinh thể trắng, độ hòa tan ở nhiệt độ thường 300 g/l. Dùng tăng độ dẫn điện trong một số dung dịch axit. Hàm lượng $MgSO_4.7H_2O$ phải trên 99% và không chứa tạp chất có hại.

NaCl – natri clorua – muối ăn, phân tử lượng 58,4, tinh thể trắng, độ hòa tan 280 g/l. Dùng trong mạ kền chống thụ động anot. Hàm lượng NaCl phải trên 97,5% và không lẫn tạp chất có hại.

NaCN – natri xyanua, phân tử lượng 49, bột trắng mịn, độ hòa tan trong nước 600 g/l, rất độc. Dùng pha chế các bể mạ xyanua. Loại tốt chứa trên 89% NaCN. Tạp chất có hại: Na_2CO_3. Đóng gói trong thùng sắt, chất dẻo...

$Na_3C_6H_5O_7.2,5H_2O$ – natri limonat hay natri xitrat, phân tử lượng 357,1, kết tinh màu trắng. Độ hòa tan trong nước 700 g/l. Dùng mạ kền hóa học và trong nhiều dung dịch mạ khác. Không chứa tạp chất có hại.

$NaC_2H_3O_2.3H_2O$ – natri axetat, phân tử lượng 82, kết tinh màu trắng. Hòa tan trong nước đến 780 g/l. Dùng trong mạ kền hóa học, mạ thiếc...

NaF – natri florua, phân tử lượng 42, tinh thể trắng, ít tan trong nước (xem phụ lục 1). Loại tốt chứa trên 84% NaF. Dùng trong mạ kền, mạ crom tự điều chỉnh, mạ thiếc...

$NaH_2PO_2.H_2O$ – natri hypophotphit, phân tử lượng 105,9, bột trắng, tan nhiều trong nước. Dùng mạ kền hóa học loại nguyên chất có hàm lượng trên 95%.

$Na_4P_2O_7.10H_2O$ – natri pyrophotphat, phân tử lượng 446, bột trắng. Dùng pha các bể mạ pyrophotphat. Có thể thay bằng $K_4P_2O_7.3H_2O$ có độ hòa tan lớn hơn.

$Na_2SO_3.7H_2O$ – natri sunfit, phân tử lượng 252,1, tinh thể không màu, độ hòa tan trong nước 250 g/l. Dùng pha bể mạ đồng xyanua từ đồng sunfat. Hàm lượng natri sunfit trên 88%; tạp chất có hại là natri cacbonat.

$Na_2SO_4.10H_2O$ – natri sunfat, phân tử lượng 322,2, loại công nghiệp là tinh thể không màu, độ hòa tan ở nhiệt độ thường 400 g/l. Dùng tăng độ dẫn điện cho các dung dịch sunfat. Hàm lượng $Na_2SO_4.10H_2O$ phải trên 96% và không lẫn tạp chất có hại.

$Na_2S_2O_3$ – natri thiosunfat, là chất khử. Nó có thể bị Cl, Br... oxy hóa thành axit sunfuric hay muối sunfat. Chất này thường dùng trong phân tích định lượng để xác định nồng độ các chất oxy hóa và chất khử khác (trong phương pháp iodimetry).

NH_4Cl – amon clorua, phân tử lượng 53,5, kết tinh màu trắng, hòa tan trong nước đến 300 g/l và thu nhiều nhiệt. Dùng trong mạ kền hóa học, mạ kẽm (dung dịch amoniat).

$NiSO_4.7H_2O$ – kền sunfat, phân tử lượng 280,8, loại công nghiệp tinh thể màu xanh lục sẫm. Hòa tan ở nhiệt độ thường đến 300 g/l. Dùng pha bể mạ kền. Tạp chất: Zn $<$ 0,001%; Fe $<$ 0,05%; Cu $<$ 0,01%.

$NiCl_2.6H_2O$ – kền clorua, phân tử lượng 237,7, tinh thể màu xanh lục sáng, dễ hút ẩm; độ hòa tan 400 g/l. Dùng mạ kền hóa học và một số dung dịch mạ điện hóa. Hàm lượng Ni trong kền clorua lớn hơn trong kền sunfat là 20%.

PbO – chì oxit, phân tử lượng 223,2, bột vàng xanh, nặng, không tan trong nước. Dùng để pha chế các dung dịch mạ chì. Phần cặn không tan sau khi pha gạn bỏ.

$SnCl_4$ – thiếc (IV) clorua, phân tử lượng 260,5, tinh thể không màu dễ chảy nước, hoặc ở dạng lỏng bốc khói. Dùng pha dung dịch kiềm mạ thiếc.

$SnCl_2.2H_2O$ – thiếc (II) clorua, phân tử lượng 225,6, tinh thể trắng, dùng pha một số dung dịch mạ thiếc.

$SnSO_4$ – thiếc (II) sunfat, phân tử lượng 214,7, tinh thể không màu, dễ chảy nước. Độ hòa tan trong nước 190 g/l. Dùng pha bể mạ thiếc. Có thể tự chế lấy khi pha chế dung dịch.

$ZnSO_4.7H_2O$ – kẽm sunfat, phân tử lượng 287,5, loại công nghiệp kết tinh màu trắng. Độ hòa tan trong nước trên 900 g/l. Dùng cho mạ kẽm sunfat, mạ kền đen... Nếu lẫn nhiều Fe sẽ có màu gỉ sắt.

ZnO – kẽm oxit, phân tử lượng 81,3, bột trắng, không tan trong nước (xem phụ lục 1), tan trong dung dịch NaCN và trong dung dịch NaOH. Dùng để pha bể mạ kẽm xyanua.

13.4. CÁC PHỤ GIA

p– Aminobenzosunfamid – $C_6H_4SO_2(NH_2)_2$, phân tử lượng 172, chất bóng nhường S cho lớp mạ Ni giữa, trong hệ mạ ba lớp Ni.

Axit sunfoxalixilic – $C_7H_6O_6S.2H_2O$, phân tử lượng 254, tinh thể màu trắng. Dùng làm chất bóng phụ trợ trong mạ Ni bán bóng không chứa S.

Axit bacbituric – $C_4H_4O_3N_2.2H_2O$, phân tử lượng 164, bột trắng xám. Dùng làm chất bóng phụ trợ trong mạ Ni quay.

Axit disunfonaphtalic – $C_{10}H_6(SO_3H)_2$, phân tử lượng 288, loại 2,6 và 2,7, hiện nay hay dùng loại 1,5, màu đất, hòa tan được trong nước. Dùng mạ kền bóng, kẽm bóng từ dung dịch sunfat. Trước khi dùng phải trung hòa bằng NaOH đến kiềm.

Butindiol 1,4 – $CH_2OH–C{\equiv}C–CH_2OH$, phân tử lượng 86, loại hạt rắn màu trắng hay loại dung dịch ~ 30% màu vàng nâu, dễ hòa tan trong nước. Dùng làm chất san bằng (chất bóng loại 2) cho mạ Ni, mạ Ni – Fe...

Dextrin, bột vàng, hòa tan trong nước thành dung dịch keo đục. Dùng làm phụ gia cho bể mạ kẽm và các bể mạ khác... Kiểm tra chất lượng của nó bằng cách mạ thử trong bể nhỏ.

Fomalin – HCHO, phân tử lượng 30, dung dịch 40%, không màu, mùi hắc, cay mắt. Dùng chất bóng phụ trợ trong mạ Ni và một số mạ khác.

Ftalimid – $C_6H_4(CO)_2NH$, phân tử lượng 147, bột trắng. Dùng làm chất bóng phụ trợ trong mạ bóng Ni một lớp đơn.

Gelatin, hạt vàng nhạt, ngâm trương rồi đun cách thủy sẽ tan, cho dung dịch keo đục. Dùng làm phụ gia hữu cơ cho nhiều loại bể mạ.

Glyxerin – $C_3H_5(OH)_3$, phân tử lượng 92, chất lỏng, vị ngọt, giữ ẩm, tan nhiều trong nước. Dùng làm phụ gia cho một số bể mạ.

Keo da dạng phiến trong, màu vàng nâu, bóng nhẵn. Loại cứng, giòn, tốt hơn. Dùng làm keo dán cát lên bánh mài, làm phụ gia hữu cơ trong một số bể mạ...

Natri laurylsunfat – $CH_3[CH_2]_{10}CO–SO_3Na$ – bột trắng, dễ tan trong nước, cho nhiều bọt. Dùng làm chất thấm ướt bề mặt trong mạ Ni và một số mạ khác.

Rượu propagynol – $CH{\equiv}CCH_2OH$, phân tử lượng 56, chất bóng loại 2, tương đương với 1,4 – butindiol.

Sacarin – $C_6H_4SO_2NHCO$, đường hóa học, phân tử lượng 183, hạt không màu, dễ hòa tan trong nước. Dùng làm chất bóng loại 1 trong mạ Ni, có tác dụng làm dẻo lớp mạ.

Tioure – $CS(NH_2)_2$, phân tử lượng 76, bột trắng, tan trong nước. Dùng làm chất bóng cho một số bể mạ, trong tẩy gỉ cho đồng...

Urotropin – $(NH_2)_2N_4$, phân tử lượng 88, bột vàng, dùng trong mạ kẽm amoniat và làm chất ức chế trong tẩy gỉ.

Trên đây là các nguyên vật liệu chính, ngoài ra còn nhiều loại khác đã nói đến ở các chương trước. Các chế phẩm mang tên thương mại cũng không được nhắc đến ở mục này.

13.5. CÁC HÓA PHẨM CHẾ TẠO RIÊNG CHO MẠ ĐIỆN

Các hóa chất dùng cho mạ điện có những yêu cầu rất khác biệt, đôi khi đòi hỏi rất khắt khe về chất lượng mà các hóa chất bán trên thị trường nói chung không đáp ứng được. Từ những yêu cầu đó, nhiều hãng hóa chất đã chế tạo riêng cho ngành mạ điện các chế phẩm đặc biệt, giúp cho việc mua sắm, pha chế, bổ sung, điều chỉnh... các bể mạ và các dung dịch khác trong mạ điện trở nên dễ dàng hơn, chất lượng mạ được nâng cao và ổn định hơn. Do có những nghiên cứu cải tiến đặc biệt nên các hãng này đã đặt tên thương mại cho các chế phẩm của riêng mình và hướng dẫn rất cụ thể cho người sử dụng. Cũng chính vì vậy mà ở đây chỉ xin trình bày các chế phẩm của một hãng làm ví dụ để người sử dụng dễ tra cứu. Đó là các hóa phẩm phục vụ cho công nghiệp mạ điện và xử lý bề mặt kim loại của công ty Enthone – OMI đã có mặt tại Việt nam khá sớm kể từ khi chính sách mở cửa được ban hành.

13.5.1. Các chất tẩy rửa và xử lý bề mặt kim loại

Các chất tẩy rửa

– Udyprep 110 Ec: pha chất này với nước thành dung dịch tẩy dầu mỡ hóa học ở nhiệt độ thấp, không chứa photpho, phù hợp cho thép, đồng, thau, kẽm.

– Udyprep 220 EC: tẩy dầu mỡ điện hóa ở nhiệt độ thường cho thép, đồng, thau.

– Udyprep 283: tẩy dầu mỡ trên anot, không chứa photpho, dùng tốt cho hệ mạ tự động và phôi kẽm..., sau khi tẩy không phải rửa lại.

Ngoài ra còn nhiều loại chất tẩy rửa Udyprep khác phục vụ cho từng yêu cầu cụ thể khác.

– Udyvate 345: là bột axit khô, hòa tan trong nước thành dung dịch tẩy gỉ, hay dung dịch hoạt hóa bề mặt cho thép đồng, kẽm, thau, nhôm, kền (trước khi mạ Cr).

Các chất xử lý bề mặt kim loại

Các chất thuộc họ Detrex dùng để chuẩn bị bề mặt, hoạt hóa bề mặt kim loại trước khi photphat hóa, hoặc là chất để tiến hành photphat hóa, chất xúc tiến và chất cải thiện chất lượng photphat hóa cho sắt, thép, thép hợp kim, nhôm.

13.5.2. Các chất làm bóng và xử lý dung dịch mạ

– Mạ kền

Turbo make up là phụ gia bóng dùng khi pha mới dung dịch hay khi chuyển đổi từ dung dịch mạ mờ sang mạ bóng.

Turbo maintenance cũng là một chất bóng khác có tác dụng san bằng bề mặt làm cho độ bóng lộng lẫy hẳn lên. Nó được bổ sung thường xuyên vào bể mạ để duy trì độ bóng mỗi khi bị suy giảm. Tác dụng bóng càng lớn khi dung dịch không lẫn tạp chất đồng, kẽm.

Để xử lý tạp chất hữu cơ có chế phẩm Udyfin 996, xử lý tạp chất sắt có chế phẩm Udyfin 990 hay Udyfin 999 (cho dung dịch mạ bóng). Để giảm sức căng bề mặt làm cho lớp kền không bị châm kim, ăn sâu vào khe rãnh có chế phẩm Udylite 62/62A. Đối với mạ kền đen có các chế phẩm họ BNA để pha mới dung dịch, để giữ ổn định trong quá trình mạ hay tạo ra sắc độ đen đúng như mong muốn hoặc giữ ở điều kiện làm việc tối ưu...

Ngoài ra còn các loại chất bóng khác như Ultralite AM Additive, Magnum S super, Turbo Booster, Leveller T... dùng cho các trường hợp mạ bóng cụ thể khác. Hoặc các chất họ Satylite Addive SY dùng cho mạ kền trang trí khá hấp dẫn...

Các chất họ Enplate Ni dùng trong mạ kền hóa học nhằm ổn định dung dịch, ổn định pH, kéo dài thời gian sử dụng, tăng tốc độ và độ sáng bóng cho lớp mạ...

– Mạ kẽm

ZB–ATZ, Z–Brite AP, Zinc Purifier... là các chất bóng mạ kẽm xyanua rất tốt dùng cho cả mạ tĩnh lẫn mạ quay.

Nhóm các chất Enthobrite CLZ là những chất bóng dùng cho mạ kẽm axit để tạo nên sản phẩm có độ bằng phẳng và độ phủ rất cao.

Nhóm 6 chất họ Udychro dùng để xử lý bề mặt kẽm trở thành sáng bóng, xanh biếc hoặc có màu từ vàng hoe, vàng lấp lánh đến vàng đậm, cũng như tạo màu đen nhánh.

– Mạ đồng

Chất bóng Udylite #60 dùng cho dung dịch xyanua.

Chất bóng Ubac–1A dùng cho dung dịch axit.

Chất bóng Cubath MHT dùng cho mạ đồng các bo mạch in.

– Mạ crom

Cromylite KC–35 là phụ gia làm tăng khả năng phủ kín cho lớp mạ crom.

Annkor 1127 là phụ gia làm tăng hiệu suất dòng điện cho quá trình mạ crom, tăng khả năng phủ kín và tăng độ cứng lớp mạ.

Mistrol là phụ gia tạo ra lớp bọt trên bề mặt bể mạ nhằm giảm thiểu hơi và mù dung dịch phát tán ra môi trường.

– Mạ thiếc

Các chất bóng Enthobrite dùng cho dung dịch axit để tăng cường và ổn định độ bóng cho lớp mạ, ứng dụng cho cả mạ tĩnh lẫn mạ quay.

– Mạ thiếc – coban

Nhóm 3 chất Ebaloy SNC dùng cho quá trình mạ hợp kim Sn – Co trong thùng quay, cho lớp mạ giống như mạ crom trang sức, cho khả năng phủ lớn.

– Mạ đồng – thiếc

Nhóm năm chất Bronzex™ II* là các phụ gia dùng trong mạ hợp kim Cu – Sn cho sản phẩm có màu vàng kim loại, lớp mạ cứng, dễ kéo dài, dát mỏng, ít bị oxy hóa.

– Mạ bạc

Hai chất Silrex I và Silrex II là các phụ gia bóng, cho lớp mạ sáng loáng, dễ hàn, dễ kéo dát.

13.5.3. Chất bóc các lớp mạ hỏng

Năm chất thuộc nhóm Udystrip dùng để tẩy hầu hết các lớp mạ (đồng, cađimi, thiếc, bạc, chì – thiếc, chì, thiếc...) trên nền thép hay magie. Hoặc chỉ tẩy chuyên một loại lớp mạ (như Cr hay Ni) trên nền thép hay nền đồng...

Ngoài ra Enthone–OMI còn nhiều hóa phẩm khác nữa.

Các hãng khác cũng đã có mặt ở Việt Nam, họ sản xuất và cung cấp nhiều loại chế phẩm khác khá phong phú, độc đáo và hữu ích. Lấy một vài ví dụ: hãng UYEMURA (Đài Loan) có chế phẩm Non–Mist rất ưu việt, dùng cho bể mạ crom, có tác dụng triệt hết mù dung dịch trong khi mạ và dung dịch bám theo vật mạ ra khỏi bể rất ít nên không cần thông gió cho bể và giảm nhẹ khâu rửa sạch sau mạ cũng như xử lý nước thải crom... Hoặc hãng OKUNO (Nhật Bản) đã sản xuất và cung cấp trên 200 chế phẩm khác nhau dùng riêng cho mạ điện, trong đó chất bóng và phụ gia cho mạ kền đến 33 loại, cho mạ kẽm đến 37 loại..., thỏa mãn mọi lựa chọn khắt khe của khách hàng... Chưa hết, họ còn sản xuất và cung cấp mọi loại máy móc, thiết bị, dụng cụ chuyên dụng khác cho ngành mạ điện...

13.6. VẬT LIỆU CHẾ TẠO THIẾT BỊ MẠ

Chọn vật liệu để chế tạo các bể mạ và các bể khác cần căn cứ vào thành phần dung dịch và chế độ làm việc của chúng. Có thể chia các dung dịch theo mức độ ăn mòn thiết bị thành bốn loại sau:

1. Dung dịch ăn mòn mạnh.
2. Dung dịch ăn mòn.
3. Dung dịch ăn mòn yếu.
4. Dung dịch không ăn mòn.

Các dung dịch thuộc loại 4 có thể chứa trong bể bằng thép cacbon, không cần lớp vật liệu chống ăn mòn. Các dung dịch thuộc loại 1, 2 và 3 nhất thiết phải có lớp vật liệu chống ăn mòn, ngăn cách dung dịch tiếp xúc với thành bể bằng thép.

Các dung dịch loại 4, không ăn mòn bể thép là:

– Tẩy dầu mỡ hóa học, điện hóa;

– Dung dịch mạ môi trường kiềm;

– Dung dịch mạ xyanua;

– Dung dịch photphat hóa;

– Dung dịch oxy hóa thép ...

Các dung dịch loại 3, ăn mòn yếu gồm:

– Dung dịch mạ kền;

– Dung dịch mạ kẽm axit;

– Dung dịch mạ cađimi axit...

Các dung dịch loại 2, ăn mòn thép là:

– Dung dịch tẩy nhẹ;

– Dung dịch mạ thiếc axit;

– Dung dịch mạ đồng axit...

Các dung dịch loại 1, ăn mòn mạnh gồm:

– Dung dịch tẩy gỉ;

– Dung dịch oxy hóa nhôm;

– Dung dịch mạ crom;

– Dung dịch mạ sắt...

Bảng 13.1 giới thiệu độ bền ăn mòn theo 10 cấp của các kim loại dùng làm thiết bị.

Bảng 13.1. Độ bền ăn mòn của kim loại và hợp kim

Nhóm	*Tốc độ ăn mòn d, mm/năm*	*Cấp độ bền*	*Trọng lượng kim loại bị mòn Δm, g/m².h*				
			Gang, thép	*Cu, hợp kim Cu*	*Ni, hợp kim Ni*	*Pb, hợp kim Pb*	*Al, hợp kim Al*
Tuyệt bền	> 0,001	1	< 0,0009	< 0,001	< 0,001	< 0,0012	< 0,0003
Rất bền	0,001 – 0,005	2	0,0009 – 0,0045	0,001 – 0,0051	0,001 – 0,005	0,0012 – 0,0065	0,0003 – 0,0015
	0,005 – 0,01	3	0,0045 – 0,009	0,0051 – 0,01	0,005 – 0,01	0,0065 – 0,012	0,0015 – 0,003
Bền	0,01 – 0,05	4	0,009 – 0,045	0,01 – 0,051	0,01 – 0,05	0,012 – 0,065	0,003 – 0,015
	0,05 – 0,1	5	0,045 – 0,09	0,051 – 0,1	0,05 – 0,1	0,065 – 0,12	0,015 – 0,031
Hơi bền	0,1– 0,5	6	0,09 – 0,45	0,1 – 0,51	0,1 – 0,5	0,12 – 0,65	0,031 – 0,154
	0,5 – 1	7	0,45 – 0,9	0,51 – 1,02	0,5 – 1	0,65 – 1,2	0,154 – 0,31
Ít bền	1 – 5	8	0,9 – 4,5	1,02 – 5,1	1 – 5	1,2 – 6,5	0,31 – 1,54
	5 – 10	9	4,5 – 9,1	5,1 – 10,2	5 – 10	6,4 – 12	01,54 – 3,1
Không bền	Trên 10	10	Trên 9,1	Trên 10,2	Trên 10	Trên 12	Trên 3,1

Tốc độ ăn mòn trung bình δ của kim loại trong môi trường ăn mòn được tính theo công thức (13.1):

$$d = 8{,}76.\Delta m/\gamma, \text{ mm/năm} \quad (13.1)$$

trong đó: d – tốc độ ăn mòn (tính theo chiều dày bị mòn), mm/năm;

Δm – trọng lượng kim loại bị ăn mòn, $g/m^2.h$;

γ – trọng lượng riêng của kim loại bị ăn mòn, g/cm^3.

Độ bền hóa của vật liệu phi kim dùng làm chất chống ăn mòn xác định như sau: Lấy 1 gam các hạt vật liệu phi kim loại vô cơ, có cỡ hạt qua lỗ sàng 64 lỗ/cm^2 và nằm trên sàng 36 lỗ/cm^2, ngâm vào 25 ml axit sunfuric (d = 1,84), đun sôi, để nguội, gạn, rửa sạch bằng nước cất, sấy khô, cân lại. Độ bền axit K của vật liệu được tính theo công thức (13.2):

$$K = 100.\, g_1 / g_2 \quad (13.2)$$

trong đó: g_1 và g_2 là trọng lượng mẫu thử trước và sau khi thí nghiệm.

Bảng 13.2. giới thiệu cấp độ bền ăn mòn của vật liệu vô cơ.

Bảng 13.2. Cấp độ bền ăn mòn của vật liệu vô cơ

Cấp độ bền của vật liệu	$K = 100\, g_1/g_2$
Rất bền	100 – 102
Bền	102 – 110
Hơi bền	110 – 115
Không bền	> 115

13.7. VẬT LIỆU KIM LOẠI VÀ HỢP KIM

13.7.1. Thép cacbon

Thép cacbon bị ăn mòn trong các môi trường: nước; không khí có độ ẩm cao; dung dịch hóa chất...

Trong nước có oxy, sau khi bị ăn mòn thép được phủ lớp oxit nFeO.$m$$Fe_2O_3$.$p$$H_2O$ nên tốc độ ăn mòn được giảm đi.

Trong môi trường có pH từ 5 đến 10, tốc độ ăn mòn của thép cacbon chỉ phụ thuộc thành phần dung dịch, nhiệt độ, nồng độ oxy..., không phụ thuộc pH.

Trong môi trường có pH < 5, tốc độ ăn mòn phụ thuộc nhiều vào pH, pH càng bé ăn mòn càng nhanh. Trong môi trường có pH > 10, tốc độ ăn mòn cũng phụ thuộc nhiều vào pH, pH càng lớn ăn mòn càng nhanh.

Tốc độ ăn mòn thép cacbon phụ thuộc nhiều vào bản chất các loại axit:

– Các axit có tính oxy hóa mạnh như: HNO_3 > 60%, H_2SO_4 > 70%, H_2CrO_4... sẽ làm thụ động thép nên bị ăn mòn chậm và càng chậm khi nồng độ axit càng cao.

– Các axit không có tính oxy hóa như: HCl, CH_3COOH... thì thép cacbon bị ăn mòn càng nhanh khi nồng độ axit càng lớn.

Thép cacbon hoàn toàn bền trong các dung dịch: NH_4OH, NaOH; Na_2CO_3, Na_2SO_3, $K_3Fe(CN)_6$, $K_2Cr_2O_7$, K_2CrO_4, $KMnO_4$, rượu etylic, benzen, dicloetan, tricloetyl, dung môi hữu cơ...

Thép cacbon bị ăn mòn mạnh trong các dung dịch: NH_4Cl, NaCl, K_2SO_4, $CuSO_4$, $NiSO_4$, $SnSO_4$...

Thép cacbon dùng làm một số bể mạ, bể chứa dung dịch kiềm, bể rửa nóng, rửa lạnh, bể tẩy dầu mỡ, bể chứa dung môi hữu cơ...

13.7.2. Thép silic bền axit

Hàm lượng silic 11 – 18%, dùng làm ống dẫn, bơm, bể chứa dung dịch... Thép silic có độ bền cao. Gang silic (loại C15 và C17) hoàn toàn bền trong môi trường axit vô cơ ở mọi nồng độ tại các nhiệt độ khác nhau. Gang silic–molipđen (MΦ 15) rất bền trong HCl đặc, nóng.

Gang crom (X 28 và X 34) bền cơ, ít bị mài mòn; bền trong HNO_3 ở mọi nồng độ tại nhiệt độ thường; bền trong H_2SO_4 đặc, nguội; bền trong H_3PO_4, CH_3COOH ngay cả ở nhiệt độ sôi; bền trong kiềm.

13.7.3. Thép không gỉ bền axit

Trong thực tế thường dùng các loại thép không gỉ Fe – Cr, Fe – Cr – Ni, Fe – Cr – Ni – Mn, Fe – Ni – Mo – Mn – Ti. Chúng bền ăn mòn trong nhiều môi trường xâm thực mạnh nhờ tự sinh ra màng thụ động bảo vệ.

Tỷ nhiệt của các hợp kim này là 0,12 cal/g.^oC.

Độ dẫn nhiệt tại 100 ^oC là 0,04 cal/cm.^oC.s.

Điện trở suất ở 20 ^oC là 0,73 $\Omega.mm^2/m$.

Thép không gỉ rất bền ở nhiệt độ thường với axit hữu cơ, dung dịch muối clorua, sunfat và với khí công nghiệp. Rất không bền trong dung dịch HCl và NaOH nóng chảy.

Thép không gỉ được dùng trong xưởng mạ làm bể tẩy trong axit HNO_3, H_3PO_4, ống dẫn dung dịch, bơm... Thép không gỉ loại hợp kim Fe – Ni (ký hiệu EI 460 và EI 461) chuyên dùng làm bể chứa dung dịch H_2SO_4 làm việc ở điều kiện nóng, lạnh.

13.7.4. Kim loại màu

Chì rất mềm, dễ cắt gọt, cán dát, rất bền hóa, chịu được các môi trường xâm thực mạnh. Chì bền trong khí quyển lẫn nhiều tạp chất, trong nước cứng, trong H_2SO_4, H_2SO_3, H_3PO_4 và HCl, nhưng không bền trong HNO_3, CH_3COOH, kiềm và nước khoáng.

Thường dùng chì loại C 3 và C 4, chứa tạp chất không quá 0,1 – 0,4% (tạp chất: Cu, Ag, Zn, Fe, Bi, Sn) làm lớp lót chống ăn mòn trong bể mạ crom, bể tẩy gỉ, bể chứa axit, ống dẫn, ống xoắn trao đổi nhiệt...

Chì và hợp kim Pb – Sb và Pb – Sn dùng làm anot không tan cho mạ crom, điện phân các dung dịch axit...

Không nên dùng chì để lót bể mạ Ni vì Pb có ảnh hưởng xấu đến chất lượng lớp mạ Ni.

13.7.5. Nhôm và hợp kim nhôm

Nhôm có trọng lượng riêng nhỏ, độ dẫn điện, dẫn nhiệt cao; độ bền ăn mòn của nhôm và hợp kim nhôm phụ thuộc nhiều vào thành phần lớp oxit bề mặt. Nhôm bền trong nước, dung dịch trung tính, dung dịch nitrat, HNO_3 đậm đặc... Không bền trong dung dịch có pH < 2 và pH >10 (vì màng oxit bị phá hủy).

Nhôm và hợp kim nhôm dùng trong xưởng mạ làm lớp lót cho các bể tẩy gỉ, tẩy nhẹ cho kim loại màu, làm giỏ, rổ, xảo đựng các vật bé, làm thanh và dây dẫn điện... Thường dùng nhôm loại A00; A0; A1 có thành phần kê trong bảng 13.3.

Bảng 13.3. Thành phần hóa học của nhôm

Loại nhôm	*Hàm lượng, %*					*Tổng tạp chất không quá, (%)*
	Al, không bé hơn	*Tạp chất không lớn hơn*				
		Fe	*Si*	*Fe + Si*	*Cu*	
A00	99,7	0,16	0,16	0,26	0,01	0,3
A0	99,6	0,25	0,20	0,36	0,01	0,4
A1	99,5	0,30	0,30	0,45	0,015	0,5

13.7.6. Phạm vi sử dụng kim loại và hợp kim

Bảng 13.4. Phạm vi sử dụng kim loại và hợp kim trong các môi trường

Môi trường ăn mòn	*Thép cacbon*	*Gang crom*		*Hợp kim Ni bền axit*		*Gang silic*		*Chì*	*Nhôm*
		X 17	*X 28*	*EI 460*	*EI 461*	*C 15*	*C 17*		
HNO_3	–	+	+	–	–	+	+	–	+
H_2SO_4	+ (1)	–	–	+	+	+	+ (2)	+	–
HCl	–	–	–	+	+	+ (3)	+ (3)	–	–
H_3PO_4	–	+	+	–	–	+	+	+	–
CH_3COOH	–	–	–	–	–	+	+	–	+
H_2CrO_4	–	+	+	–	–	–	–	+	–
NaOH	+	–	–	–	–	–	–	–	–
NH_4Cl	+ (4)	–	–	–	–	–	–	+	–
$NaNO_3$	+	–	–	–	–	–	–	–	–
Na_2CO_3	+	–	–	–	–	–	–	–	–
$CuSO_4$	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Rượu	+	–	–	–	–	–	–	–	–

Chú thích: + : Cho phép dùng vật liệu trong môi trường đó;

– : Không được phép dùng vật liệu trong môi trường đó;

(1): Dùng cho axit đậm đặc; (2): Dùng cho axit 75%; (3): Dùng cho axit ở nhiệt độ thường; (4): Dùng cho dung dịch muối ở nhiệt độ thường.

Hợp kim nhôm thường dùng các loại:

Đura, chứa 2,8 – 5,2% Cu; 0,25 – 1% Mn; 0,25 – 1,75% Mg; 0,2 – 0,6% Si và 0,2 – 0,6% Fe.

Nhôm – magie, chứa 4 –12% Mg; 1% Mn; 0,0 – 0,1% Ti.

Nhôm – silic, chứa 9 – 14% Si.

Bảng 13.4 kê các kim loại và hợp kim được phép sử dụng trong các môi trường ăn mòn khác nhau.

13.8. VẬT LIỆU PHI KIM

13.8.1. Vật liệu vô cơ

Gạch diabazơ bền cơ và hóa trương nhiều loại môi trường ăn mòn, độc hại. Thường dùng làm vật liệu lót bể lớn tẩy axit, chứa axit.

Nguyên liệu chính là dabazơ và bazan, nung chảy lỏng đến 1400 – 1500 °C, đổ khuôn, ép thành tấm; khoảng 1000 °C vật liệu sẽ kết tinh, làm nguội chậm. Gạch diabazơ có các kích cỡ: 160 × 110 × 15 và 180 × 110 × 20 (mm)...

Gạch diabazơ bền hóa trong các môi trường: HNO_3 đặc nóng, H_2SO_4 đặc, H_3PO_4 đặc, HCl đặc nóng...

Thủy tinh loại kỹ thuật rất bền hóa trong nhiều hóa chất, trừ HF. Dùng làm bể mạ, bể tẩy, bể chứa, làm vật liệu cách điện, lót trong các bể mạ...

Men là sản phẩm nung chảy của thạch anh, cát, đất sét... cùng với các phụ gia borac, H_3BO_3, Na_3AlF_6, $NaNO_3$. Có hai loại men: men trang trí và men kỹ thuật. Xưởng mạ dùng men kỹ thuật như là một vật liệu chống ăn mòn, phủ lên thép, gang... làm bể mạ, bể chứa, thiết bị chưng cất, lò phản ứng, thiết bị lọc...

Vữa chịu axit dùng để lót các bể tẩy axit, bể mạ... Thành phần vữa gồm:

– Chất độn: cát thạch anh, bột đá granit... dùng các cỡ hạt từ 0,15 đến 40 mm, chiếm 94 – 96% khối lượng vữa;

– Chất kết dính: thủy tinh lỏng loại mođun 2,6 – 2,8 (d = 1,4 g/cm^3), lượng dùng 260 kg/m^3 vữa.

– Chất đóng rắn là natri flosilicat, lượng dùng 39 kg/m^3 vữa.

Vật liệu này bền trong các axit khoáng (trừ HF), các loại muối, axit axetic. Không bền trong nước và kiềm; chịu nhiệt kém. Chiều dày lớp vữa phải từ 50 – 150 mm.

Đối với các bể bằng thép muốn lót gạch hay tấm chịu axit phải làm như sau: kết cấu thép của bể phải cứng, vững, kín; tẩy sạch gỉ và oxit; sơn bề mặt cần lót và trát các mối hàn cho bằng phẳng; lát gạch hay tấm chịu axit; tẩy rửa.

Để sơn bề mặt bể dùng dung dịch có thành phần (% trọng lượng): bột mịn chất độn chịu axit 100, natri flosilicat 4 – 5, thủy tinh lỏng 100; hong khô ở 20 °C trong 6 h.

Để trát lớp hồ vữa dày 2 – 3 mm dùng hỗn hợp có thành phần (% trọng lượng) như sau: bột mịn chất độn chịu axit 100, natri flosilicat 4 – 5, thủy tinh lỏng 50. Hong khô 12 h ở nhiệt độ 20 °C.

Để lát các tấm chịu axit lên thành bể bằng thép dùng vữa chịu axit có thành phần (% trọng lượng): chất độn chịu axit (bột anđezit, bột điaba...) 100; natri flosilicat 5 – 6; thủy tinh lỏng (mođun 2,5 – 2,8, *d* = 1,36 – 1,4) 30 – 35. Phải dùng chất độn và natri flosilicat thật khô và mịn (sàng qua lưới số 0200). Chiều dày 3 – 8 mm, mạch lát 2 – 3 mm. Hong khô ba ngày, hai ngày đầu giữ nhiệt độ ở 25 – 30 °C, ngày thứ ba ở 30 – 40 °C.

13.8.2. Vật liệu hữu cơ

Vật liệu hữu cơ dùng trong xưởng mạ là các loại chất dẻo, cao su nhân tạo, làm dụng cụ, thiết bị, bể mạ, ống dẫn dung dịch... Đặc điểm chung của vật liệu hữu cơ là nhẹ, không dẫn điện, bền cơ, bền hóa cao, chịu được các môi trường ăn mòn mạnh, truyền nhiệt kém, dễ gia công... Các chất thường dùng cho xưởng mạ là:

Bakelit là sản phẩm của phenol và fomaldehyt, bền trong các dung dịch axit vô cơ, axit hữu cơ, kiềm yếu và các dung môi hữu cơ. Không bền trong HNO_3 đặc, kiềm đặc và các chất oxy hóa.

Sơn bakelit là sản phẩm của nhựa phenol fomaldehyt với rượu etanol; dùng sơn phủ lên vải, gỗ, gốm, thép, bêtông...

Faolit chế từ nhựa rezol và chất độn; sản phẩm dạng tấm dùng làm lớp lót trong các bể, làm cánh khuấy, làm thùng quay, chuông quay, ống dẫn...

Tectolit bền trong xăng, benzen, rượu, H_2SO_4 (45%), HCl (35%). Kém bền trong dung dịch kiềm, HNO_3, chất oxy hóa. Dùng làm thùng quay, chuông quay, thanh đỡ, vật liệu cách điện.

Chất dẻo polyclovinyl (PVC) ngoài thành phần chính còn có 30 – 60% chất hóa dẻo và chất màu. Dùng làm lớp lót cho các bể chứa axit, bể mạ, bể chứa kiềm, chứa chất hữu cơ. Cần quét thêm lớp sơn peclovinyl ra ngoài.

Chất dẻo vinyl dùng làm lớp lót (3 – 5 mm) trong các bể, làm ống dẫn, màng ngăn, chế tạo các bể bé, làm giỏ đựng vật mạ bé, làm vật liệu cách điện... Bền trong các axit vô cơ, NaOH, H_2O_2, xăng, rượu và nhiều chất hữu cơ khác. Dễ bị phá hỏng trong benzen, toluen, dicloetan và một số dung môi khác. Chất dẻo vinyl chịu nhiệt đến khoảng 50 – 60 °C, tăng nhiệt độ sẽ kém bền, giảm độ chịu nén và uốn; dùng lâu phải thay mới. Trước khi dùng nên xử lý nhiệt ba lần. Có thể dán các tấm vinyl với nhau hay với kim loại bằng keo vinyl.

Chất dẻo peclovinyl bền hóa cao, đàn hồi, kém bền cơ. Loại tấm dày 3 đến 5 mm dùng để lót bể mạ; loại màng mỏng 0,3 – 0,5 mm dùng cách điện cho khung treo vật mạ. Hàn các tấm dày để lót bể nên cắt cạnh nghiêng 45° lắp khít vào nhau rồi dùng luồng khí nóng (hay thiết bị hàn đặc biệt) hàn lại. Chất dẻo này dễ gắn với bề mặt kim loại và được dùng để lót cho bể mạ crom, bể anot hóa nhôm... thay cho chì, trao đổi nhiệt lúc này được giải quyết bằng cách dùng áo nước.

Sơn etynol là sản phẩm gồm cao su tổng hợp, chất cao phân tử, divinyl axetat trong clo benzen. Sơn bền trong axit vô cơ, kiềm (đến 50 °C). Có thể sơn trực tiếp lên bề mặt thiết bị theo hai bước: sơn lót (có trộn thêm 30 – 40% cao lanh) hong khô 2 – 3 ngày, quét tiếp lớp sơn phủ ngoài. Sơn có nhược điểm mau lão hóa, màng sơn giòn, dễ nứt. Sơn etynol dùng làm nguyên liệu chế tạo asbovinyl.

Asbovinyl là hỗn hợp của sơn etynol với amian, dùng bảo vệ sắt thép, bêtông... khỏi ăn mòn. Asbovinyl bền hóa, chịu nhiệt trong khoảng –30 đến +100 °C, dùng trong xưởng mạ để bảo vệ thiết bị, hệ thông gió, ống dẫn dung dịch...

Khả năng ứng dụng của asbovinyl trong các môi trường như sau:

Môi trường	*Nồng độ, %*	*Nhiệt độ, °C*
Axit sunfuric	50 – 60	đến 60
Axit sunfuric	30	đến 80
Axit sunfuric	20	đến 100
Axit clohydric	bất kỳ	đến 60
Axit clohydric	20	đến 100
Axit nitric	10	đến 100
Axit axetic	đậm đặc	20
Axit boric	20	
Nước biển	bất kỳ	
Xút NaOH	60	

Ngoài ra nó còn chịu được nhiều loại dung dịch điện phân, benzen, rượu, khí clo khô và ẩm.

Caosu và ebonit bền hóa trong các dung dịch axit: H_2SiF_6, HF đến 50%, H_2SO_4 đến 50% ở 65°C, HCl, H_3PO_4 đến 85% ở 60 °C và các dung dịch kiềm, dung dịch muối vô cơ. Không bền trong các chất oxy hóa: HNO_3, H_2CrO_4, H_2SO_4 đặc. Cao su bền hóa kém hơn ebonit nhưng bền cơ cao hơn ebonit và làm việc được đến 65 – 70 °C, còn ebonit chỉ đến 50 – 60 °C.

Để bọc lót bể người ta dùng cao su mềm và ebonit là những loại chuyên dụng, có thành phần khác với các loại thông thường.

Chất dẻo chứa flo 4 (teflon) là vật liệu bền nhất trong số tất cả các loại chất dẻo. Nó có thể làm việc đến 250 °C; dùng chế tạo quạt hút, bơm axit. Màng mỏng nhựa flo dùng cách điện cho khung treo vật mạ.

Chất dẻo chứa flo 3 cũng rất bền hóa nhưng không bằng nhựa flo 4; loại nhựa flo 3 dạng huyền phù có thể sơn phủ lên kim loại.

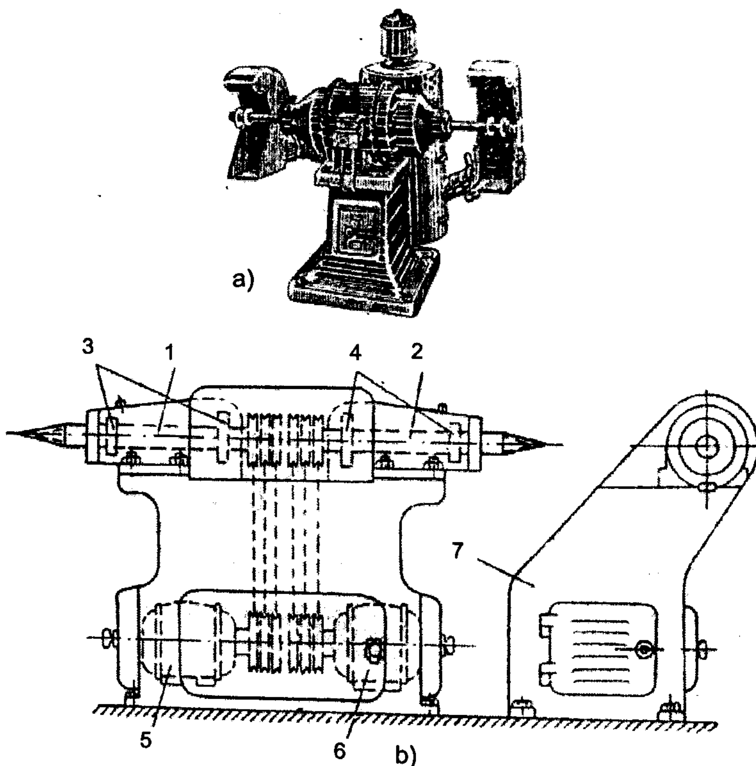
Vật liệu bền trong môi trường dung dịch crom được trình bày ở bảng 7.7 chương 7.

Chương 14
THIẾT BỊ GIA CÔNG BỀ MẶT VẬT MẠ

14.1. THIẾT BỊ GIA CÔNG CƠ BỀ MẶT TRƯỚC KHI MẠ

14.1.1. Máy mài và đánh bóng

Máy mài và máy đánh bóng có hai loại: loại máy hai đầu một trục (hình 14.1.a) và loại máy hai đầu hai trục (hình 14.1.b).



Hình 14.1. Máy mài – đánh bóng

a) Hình dáng bên ngoài máy đánh bóng hai đầu một trục;

b) Sơ đồ máy mài đánh bóng hai đầu hai trục.

1, 2. Trục; 3,4. Ổ đỡ, trượt; 5, 6. Động cơ điện; 7. Thân máy.

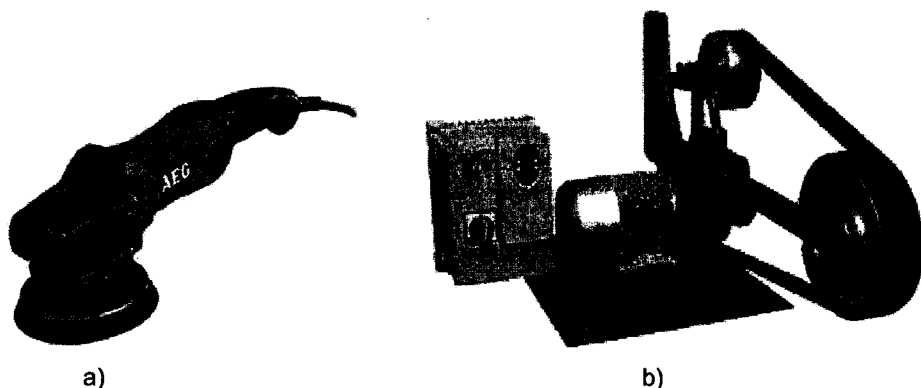
Tính chất kỹ thuật của một số loại máy mài – đánh bóng kê ở bảng 14.1.

Bảng 14.1. Tính năng kỹ thuật của mày mài – đánh bóng

Đặc điểm kỹ thuật	*Máy hai động cơ kéo*		*Máy một động cơ kéo*
	Kiểu 1	*Kiểu 2*	
Công suất động cơ kéo, kW	3	3 hay 2,2	2,2
Số vòng quay của động cơ, vg/ph	1450	1450	1450
Số vòng quay của trục, vg/ph	2000	2000	1450
Khoảng cách hai bánh mài, mm	1600	1200	1020
Khoảng cách từ bánh mài đến thân máy, mm	300	130	–
Kích thước máy, mm	1830 × 830 × 1150	1430 × 830 × 1150	1220 × 500 × 1050
Diện tích chiếm chỗ, mm^2	1000 × 620	1000 × 620	–
Trọng lượng, kg	~ 1200	~ 1200	~ 310

Loại hai đầu một trục chỉ cần một động cơ nhưng lúc đầu này cần dừng máy để thay bánh mài hay sửa chữa thì đầu kia cũng phải dừng theo.

Máy mài – đánh bóng cơ động: Là những môtơ điện cầm tay được gắn bánh mài trực tiếp vào đầu trục môtơ (hình 14.2.a) hay máy mài băng nhỏ gọn để tăng tính cơ động (hình 14.2.b).



a) b)

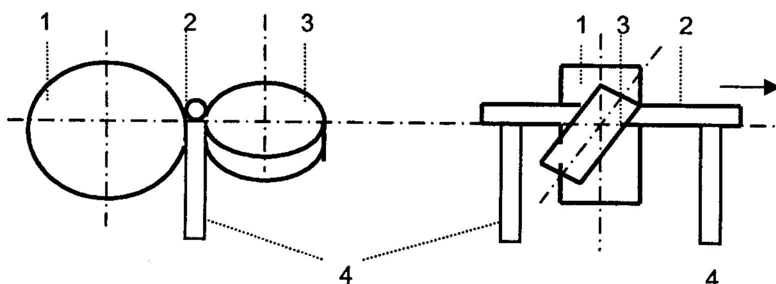
Hình 14.2. Máy mài – đánh bóng cơ động (cầm tay)

Tính năng kỹ thuật của một số loại máy mài – đánh bóng cơ động kê ở bảng 14.2.

Bảng 14.2. Tính năng máy mài – đánh bóng cơ động

Công suất động cơ điện, kW		*Số vòng quay của máy, vg/phút*
Máy mài	*Máy đánh bóng*	
0,6 – 2,2	0,25 – 0,35	930 – 950
0,8 – 1,0	0,3 – 0,5	1400 – 1450
1,2 – 3,7	0,35 – 0,8	2800 – 2900

Máy mài vô tâm: Chuyên dùng gia công cho các vật hình trụ, hình ống tròn... năng suất lớn. Trên máy mài vô tâm, vật gia công không định tâm trong suốt thời gian mài. Máy có hai bánh: một bánh cắt gọt và điều khiển vật gia công, một bánh làm điểm tựa và dắt dẫn vật gia công. Vật gia công tiếp xúc với bánh dẫn sẽ tự quay tròn và di chuyển dần dần từ đầu đến cuối chi tiết gia công (hình 14.3). Độ cắt gọt tương đối lớn, thường là 0,1 mm. Chất lượng bề mặt mài khá cao.



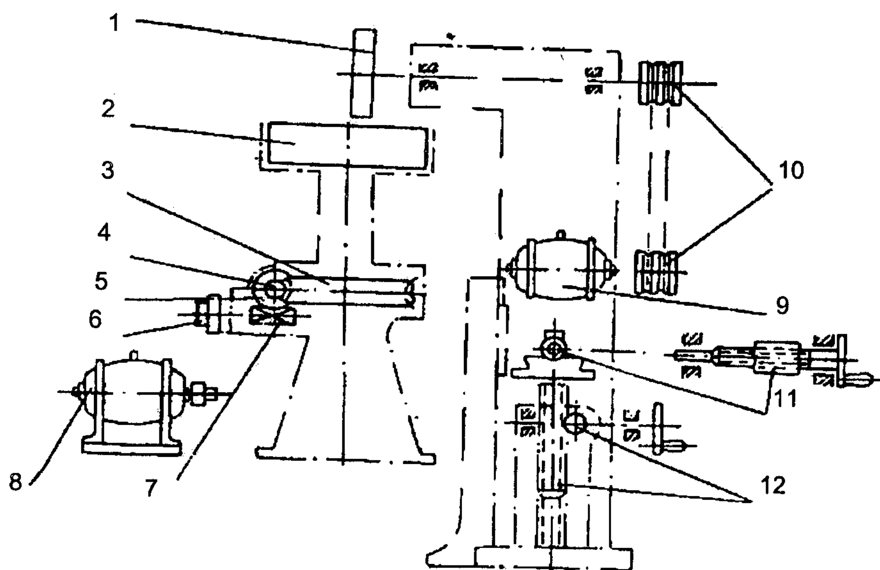
Hình 14.3. Sơ đồ máy mài vô tâm

1. Bánh mài; 2. Vật gia công; 3. Bánh dẫn; 4. Giá đỡ.

14.1.2. Thiết bị gia công bề mặt bán tự động

Các chi tiết bé như bulông, ốc vít... thường dùng máy mài – đánh bóng bán tự động. Máy gồm hai bộ phận chính: bộ phận mài – đánh bóng và bộ phận gá lắp. Chi tiết cần gia công được gá hàng loạt lên rãnh mâm quay và được quay theo trục của mình, khi mâm quay sẽ lần lượt đưa chi tiết tiếp xúc với bánh mài hay bánh đánh bóng. Gia công xong chi tiết được đẩy tự động khỏi rãnh và lăn đến chỗ gom thành phẩm. Bánh mài, bánh đánh bóng được điều chỉnh bằng tay quay để miết mạnh lên mặt chi tiết theo hai hướng thẳng đứng và nằm ngang. Hình 14.4. giới thiệu sơ đồ một loại máy mài – đánh bóng bán tự động có các tính năng sau:

Tốc độ mâm quay	2 vg/ph;
Tốc độ quay bánh mài	1500 vg/ph;
Năng suất mài	10.000 – 15.000 cái/8 h;
Năng suất đánh bóng	20.000 – 25.000 cái/8 h.

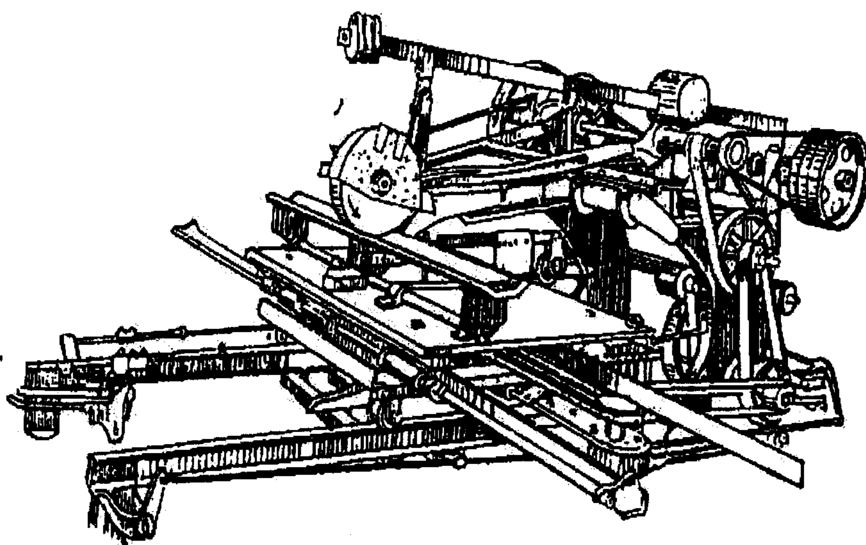


Hình 14.4. Sơ đồ máy mài – đánh bóng bán tự động

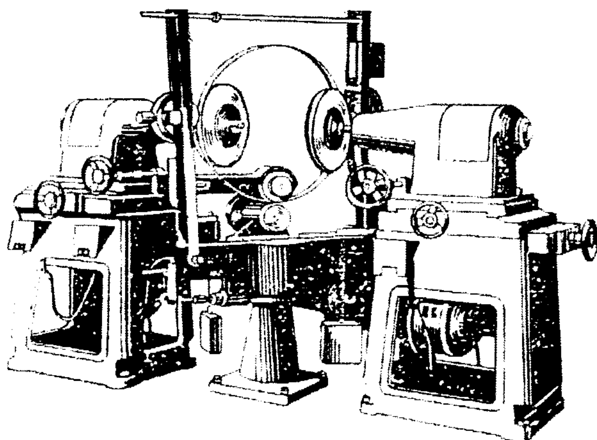
1. Bánh mài hay đánh bóng; 2. Mâm quay; 3,5. Bánh răng; 4,6,7. Trục vít;

8, 9. Môtơ; 10. Puli; 11. Tay quay đứng; 12. Tay quay ngang.

Hình 14.5 là một loại thiết bị bán tự động gia công bề mặt các tấm lớn. Hình 14.6 là một loại thiết bị bán tự động gia công vành xe cả mặt trong và mặt ngoài. Có thể gia công trước và sau khi mạ. Vành xe quay tròn trong quá trình gia công nhờ bộ puli dẫn hướng.

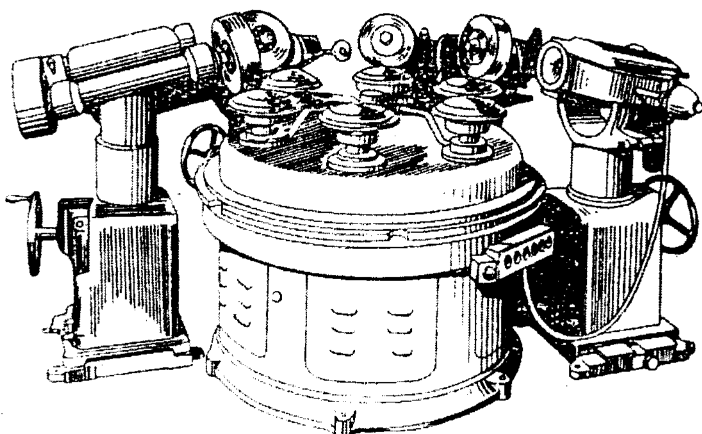


Hình 14.5. Thiết bị bán tự động mài – đánh bóng tấm lớn



Hình 14.6. Thiết bị bán tự động mài – đánh bóng vành xe

14.1.3. Thiết bị tự động gia công bề mặt



Hình 14.7. Sơ đồ máy mài tự động cho nắp bánh ô tô gá trên mâm xoay
1 đến 6. Các đầu mài – đánh bóng; 7. Mâm xoay; 8. Giá đỡ; 9. Tủ điều khiển.

Thiết bị tự động gia công bề mặt thường dùng trong các nhà máy sản xuất ô tô để gia công các loại chi tiết như nắp tambua (ở bánh xe), bánh răng... (hình 14.7). Máy có hàng loạt đầu mài và đánh bóng được bố trí theo những góc độ khác nhau để có thể tiếp xúc với toàn bộ bề mặt cần gia công. Điều chỉnh lực miết của các đầu mài và đánh bóng lên vật gia công nhờ các lò xo gắn tại mỗi đầu. Sau một vòng quay của mâm xoay, chi tiết được gia công xong. Năng suất máy khoảng 100 – 120 m^2/8 h. Có thể mài thô, mài tinh riêng hay đồng thời trên cùng một máy.

Đối với các vật to, có bề mặt bằng phẳng thường dùng loại máy mài – đánh bóng tự động di chuyển theo hai hướng dọc và ngang. Trong trường hợp này, bánh mài, đánh bóng được gắn lên một đầu của thanh gạt, còn đầu kia gắn đối trọng để điều chỉnh lực miết cũng như để giữ cân bằng cho cả hệ.

14.1.4. Bánh mài, bánh đánh bóng và bánh chải

Bánh mài thường làm bằng da, dạ, phớt, vải... có đường kính 100 – 200 mm, dày 16 – 25 mm, trên có gắn hạt mài. Bánh gắn hạt mài corundum dùng để mài phá, mài thô cho sắt, thép, gang... Bánh gắn hạt mài silic cacbua dùng để mài kim loại màu như đồng, thau... và vật liệu phi kim như gỗ, da, thủy tinh, gốm, sứ...

Cách chọn dùng bánh mài như sau:

– Vật đem mài càng cứng, bánh mài càng phải mềm (nhưng không nên quá mềm và dính).

– Cần bề mặt tiếp xúc lớn giữa bánh mài và vật gia công phải dùng loại bánh mài mềm.

– Mài thô và mài phá bằng bánh mài cứng sẽ cho bề mặt sáng, sạch.

– Tăng tốc độ quay cho phép dùng bánh mài mềm hơn.

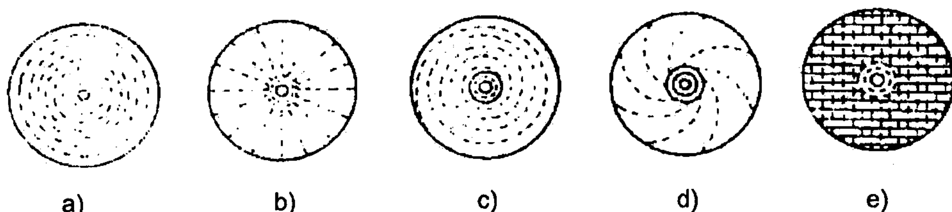
Khi mài các vật liệu cứng phải dùng bánh mài thuộc loại trung bình hay hơi mềm. Để được bề mặt sau gia công sáng, sạch, đẹp, cần lần lượt mài với bánh mài từ mềm đến cứng dần. Vì vậy phân độ cứng của bánh mài theo các cấp độ như sau:

Độ cứng bánh mài	Ký hiệu
Mềm	M1, M2, M3
Hơi mềm	HM1, HM2
Trung bình	TB1, TB2
Hơi cứng	HC1, HC2, HC3
Cứng	C1, C2
Rất cứng	RC1, RC2
Tuyệt cứng	TC1, TC2

Vật liệu làm đế bánh mài có ảnh hưởng nhiều đến cấp độ cứng của bánh mài:

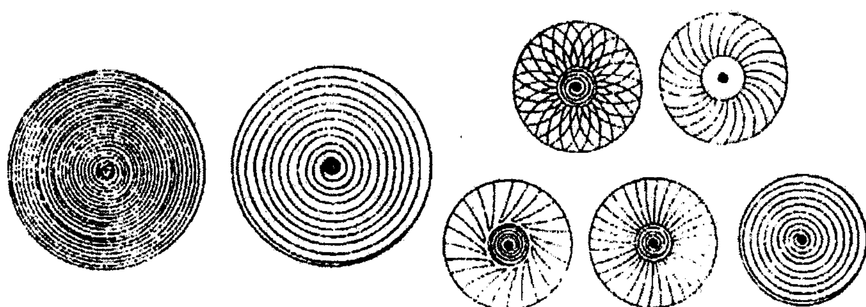
Đế bằng da làm bánh mài có độ cứng cao. Đế bằng dạ, phớt cho bánh mài có tính đàn hồi và độ cứng phụ thuộc vào độ cứng hay trọng lượng riêng của chúng. Trọng lượng riêng của dạ, phớt từ 0,08 đến 0,6. Đế bằng vải: 20 lớp vải khâu lại thành một thếp dày khoảng 8 mm, ghép 12 – 15 thếp theo hình 14.8 thành một bánh mài. Cách khâu tiếp tuyến cho bánh mài có độ cứng trung bình; cách khâu chéo và khâu song song khi làm việc thường mòn không đều; thường dùng cách khâu đồng tâm và khâu xoắn ốc.

Bánh mài lệch, vẹt, không tròn, không đều khi quay với tốc độ cao sẽ làm rung máy, mài bị nảy, ổ bi mau hỏng, chất lượng mài không cao.

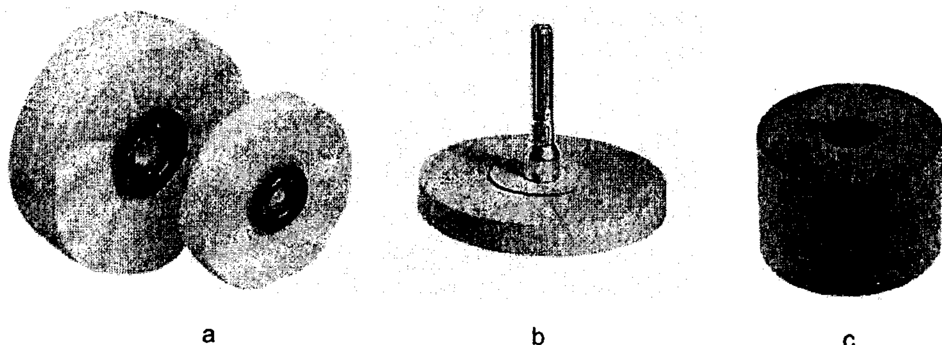


Hình 14.8. Cách khâu vải thành bánh mài

a. Đồng tâm; b. Chéo; c. Xoắn ốc; d. Tiếp tuyến; e. Ô vuông.



Hình 14.9a. Các cách xếp vải và khâu bánh đánh bóng



Hình 14.9b. Các loại bánh đánh bóng

a. Bánh vải; b. Bánh dạ; c. Bánh nỉ đúc.

Bánh đánh bóng (thường gọi tắt là *phớt bóng*) được làm bằng phớt, dạ, vải mịn, sợi, tơ. Mỗi loại được dùng cho một số kim loại nhất định. Vải làm bánh đánh bóng nên hồ trước khi khâu để tăng hiệu quả đánh bóng. Thành phần hồ gồm: tinh bột 4,5%, dextrin 4,5%, keo da 4,5%, nước 86,5%. Hồ xong, phơi khô, là phẳng rồi xếp và khâu thành bóng theo các cách ở hình 14.9a. Hình 14.9b là một vài loại bánh đánh bóng thương phẩm.

Bảng 14.3. Tốc độ quay của bánh mài khi gia công các kim loại

Vật liệu cần gia công	*Tốc độ quay (vg/ph), ứng với đường kính (mm)*				
	200	*250*	*300*	*350*	*400*
Gang, thép, kền, crom	2850	2300	1880	1620	1440
Đồng, hợp kim đồng, bạc	240	1900	1500	1350	1190
Kẽm, thiếc, chì, nhôm, hợp kim nhôm	1900	1530	1260	1090	960

Tốc độ quay của bánh mài và đánh bóng quyết định chất lượng sản phẩm. Tùy thuộc bản chất kim loại mà chọn tốc độ quay cho phù hợp. Bảng 14.3 trình bày số liệu về tốc độ quay của bánh mài đối với các kim loại khác nhau.

Từ tốc độ quay tính ra tốc độ dài V của bánh mài hay bánh đánh bóng theo công thức (14.1) sau:

$$V = \pi . d . n / 60, \text{ m/s} \quad (14.1)$$

trong đó: d – đường kính bánh mài, bánh đánh bóng, m;

n – tốc độ quay của bánh mài, bánh đánh bóng, vg/ph.

Bảng 14.4 cho biết tốc độ dài thích hợp để gia công các kim loại khác nhau.

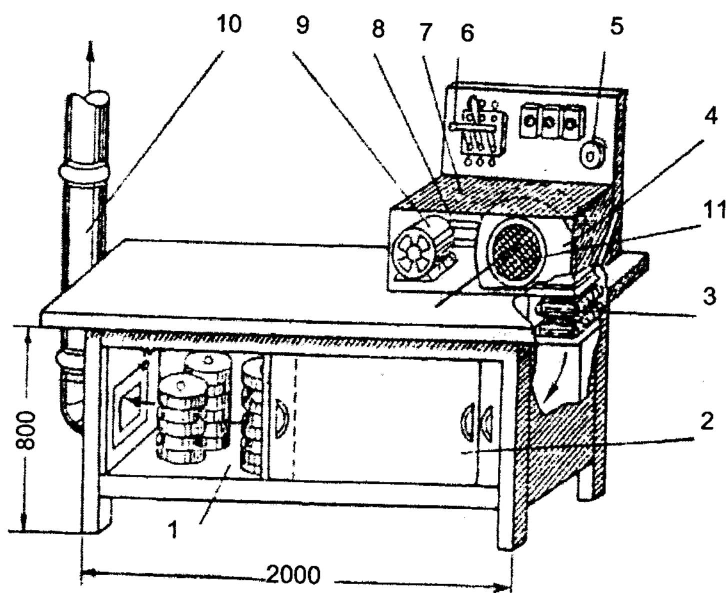
Bảng 14.4. Tốc độ dài của bánh mài và đánh bóng

Vật liệu cần gia công	*Tốc độ dài, m/s*	
	Mài	*Đánh bóng*
Gang, thép, kền, crom	18 – 30	30 – 35
Đồng, hợp kim đồng, bạc	14 – 18	22 – 30
Kẽm, thiếc, chì, nhôm, hợp kim nhôm	10 – 14	18 – 25

Gắn hạt mài lên bánh mài được tiến hành bằng cách bôi chất kết dính lên mặt trụ của bánh mài rồi lăn ép trên máng đựng hạt mài dưới một lực cân bằng và đều đặn. Có thể lăn ép bằng tay hay bằng một dụng cụ chuyên dụng. Chất kết dính thường dùng keo da và nước, tỷ lệ giữa chúng phụ thuộc vào kích thước hạt mài như sau:

Cỡ hạt mài	Keo, % trọng lượng	Nước, %trọng lượng
24 –36	50	50
46 – 54	45	55
60 – 70	40	60
80 – 90	35	65
100 – 120	33	67
150 – 180	30	70
220 – 270	25	75
325	20	80

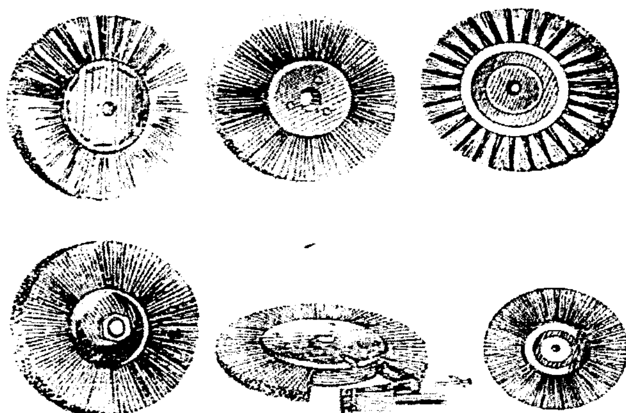
Keo da ngâm trương trong nước 6 – 12 h, đun nóng 65 – 70 °C (nên đun cách thủy) cho tan hết, thêm thủy tinh lỏng, khuấy đều rồi đem dùng. Bánh mài lăn dính hạt mài xong cần sấy khô ở 30 – 40 °C với độ ẩm tương đối 50%; không nên sấy ở nhiệt độ cao hơn, dễ bị nứt nẻ. Thời gian sấy 12 h cho bánh lăn một lần, 24 h cho bánh lăn hai lần. Hình 14.10 giới thiệu một loại tủ sấy bánh mài đồng thời là bàn lăn hạt mài.



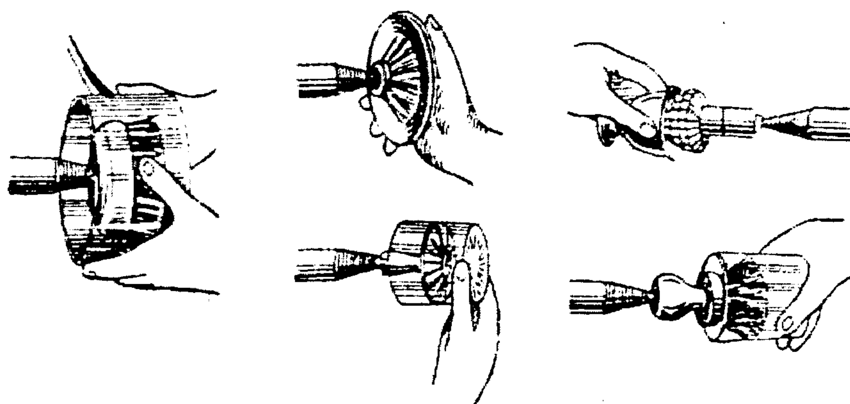
Hình 14.10. Tủ sấy bánh mài và bàn lăn hạt mài

1. Buồng sấy; 2. Cửa kéo đẩy; 3. Dây điện trở; 4. Quạt thổi khí nóng; 5. Núm điều chỉnh nhiệt độ; 6. Cầu dao điện; 7. Hộp bảo hiểm; 8. Đai chuyền; 9. Môtơ; 10.Ống xả; 11. Lưới chắn.

Bánh chải làm bằng dây thép, dây đồng vàng, sợi phi kim... gắn lên đế tròn rồi lắp vào đầu trục cho môtơ quay (hình 14.11 và hình 14.12). Đường kính bánh chải và đường kính đế của nó càng lớn thì dây càng phải nhỏ và mềm. Loại dây này để lại nhiều vết xước trên mặt chải hơn loại dây cứng. Kích thước bánh chải, tốc độ quay và đường kính dây làm bánh chải được giới thiệu trong các bảng 14.5 và 14.6.



Hình 14.11. Các loại bánh chải



Hình 14.12. Gia công bề mặt trong của chi tiết bằng bánh chải

Bảng 14.5. Vật liệu và kích thước dây làm bánh chải

Vật liệu cần chải	*Vật liệu dây*	*Đường kính dây, mm*
Gang, thép, đồng bạch	Thép	0,05 – 0,3
Kền, đồng	Thép, hợp kim Cu – Ni – Sn	0,15 – 0,25
Kẽm, thiếc, đồng, đồng thau	Đồng thau, đồng	0,15 – 0,20
Bạc, lớp mạ bạc	Đồng thau, hợp kim Cu – Ni – Sn	0,10 – 0,15
Vàng, lớp mạ vàng	Đồng thau	0,05 – 0,10

Bảng 14.6. Đường kính bánh chải và tốc độ quay

Đường kính bánh chải, mm	*Tốc độ quay, vg/ph*	
	Trung bình	*Cực đại*
130	2500	2800
150	2500	2800
180	2100	2400
200	1800	2100
300	1500	1800
400	1200	1500

Chải khô để làm sạch gỉ, chất bẩn, nhất là trong khe, kẽ, ren... Chải ướt áp dụng cho chi tiết bằng đồng, đồng thau, thiếc... thấm ướt bằng nước xà phòng hoặc nước vôi.

Một số chỉ tiêu năng suất trung bình của một loại máy chải cho trong bảng 14.7.

Bảng 14.7. Năng suất trung bình của máy chải (m^2/h)

Cách gia công	*Kim loại gia công*	*Kích thước chi tiết gia công, dm^2*		
		0,21 – 1,0	1,1 – 20	20,1 – 100
Chải khô	Thiếc	0,25	0,4	0,5
	Cađimi	0,2	0,3	0,4
	Kẽm	0,3	0,5	0,6
Chải ướt	Thiếc	0,4	0,6	0,8

Lắp bánh mài, bánh đánh bóng hay bánh chải vào đầu trục cần chú ý các điểm sau:

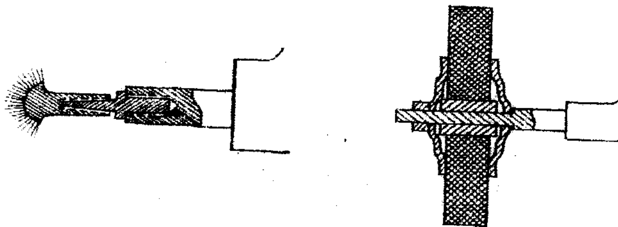
– Chiều vặn chặt bánh vào đầu trục phải ngược với chiều quay của trục để chống tự tháo và văng êcu hay bánh ra khi làm việc, nhất là khi quay với tốc độ cao.

– Bánh phải tròn đều, dày đều, nặng đều; trục không được cong, vênh, đảo... để bánh chạy được êm, không nảy, không giật.

– Đường kính bánh lớn phải có mặt bích ốp hai bên và phải bắt chặt vào đầu trục.

– Phải định kỳ tu chỉnh lại bánh sau một thời gian làm việc như gắn lại hạt mài; cà lại mặt bánh cho phẳng, nhẵn; loại bỏ các dị tật phát sinh trong quá trình làm việc...

Hình 14.13 giới thiệu một số cách lắp bánh mài, bánh chải vào đầu trục và cách gia công mặt trong của chi tiết.



Hình 14.13. Cách lắp các loại bánh vào đầu trục

Năng suất máy mài, máy đánh bóng phụ thuộc vào kích thước vật gia công. Thường chia kích thước vật gia công thành bốn nhóm:

Nhóm	*Loại kích thước*	*Diện tích, dm^2*
A	Nhỏ nhất	0,01 – 0,2
B	Nhỏ	0,21 – 1
C	Trung bình	1 – 20
D	Lớn	20,1 – 100

Có thể tham khảo chỉ tiêu về năng suất trung bình của máy mài, đánh bóng tại một cơ sở sản xuất ghi trong bảng 14.8.

Bảng 14.8. Năng suất của máy mài, đánh bóng (m^2/h.đầu)

Vật liệu cần gia công	*Mài thô*		*Mài tinh*						*Đánh bóng*	
	B	*C*	*Tấm phẳng*		*Đã rèn dập*		*Đã gia công sơ bộ*		*B*	*C*
			B	*C*	*B*	*C*	*B*	*C*		
Thép	0,5 – 0,7	1 – 1,2	0,4	0,6	0,4 – 0,5	0,6	0,6 – 0,7	0,9 – 1	–	–
Gang	0,5 – 0,7	1 – 1,2	0,3	0,5	–	–	0,5 – 0,6	0,7 – 0,8	–	–
Đồng – thau	–	–	–	–	0,5	0,7	0,7 – 0,8	0,9 – 1	1,5	2
Nhôm	–	–	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7 – 0,8	1,2	1,5	2,2
Hợp kim Zn	–	–	0,4	0,5	–	–	–	–	–	–
Đồng	–	–	–	–	–	–	0,5 – 0,6	0,8 – 0,9	1,2	2
Kền	–	–	–	–	–	–	–	–	2	2,6
Crom	–	–	–	–	–	–	–	–	3	3

Chú thích: Đối với nhóm A chỉ số giảm 2 – 2,5 lần so với nhóm B.

Đối với nhóm D chỉ số tăng 1,5 – 2 lần so với nhóm C.

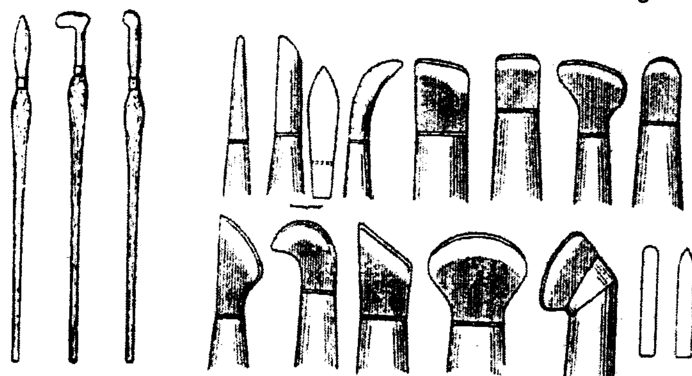
Tiêu hao nguyên vật liệu trong quá trình mài và đánh bóng 1 m^2 bề mặt nền có thể tham khảo ở bảng 14.9.

Bảng 14.9. Tiêu hao vật liệu để mài, đánh bóng 1 m^2 bề mặt

Vật liệu cần gia công	*Mài*				*Đánh bóng*		
	Thép cán nóng	*Thép cán nguội*	*Đồng hợp kim*	*Al, Zn hợp kim*	*Đồng*	*Kền*	*Crom*
Hạt mài các cỡ, g	500	350	100	100	–	–	–
Keo da, g	60	50	25	25	–	–	–
Thủy tinh lỏng, g	120	100	50	50	–	–	–
Thuốc bóng oxit sắt, g	–	–	100	–	250	–	–
Thuốc bóng crom, g	–	–	–	100	–	250	100
Phớt dạ (d 400mm), cái	0,01	0,01	0,005	0,005	–	–	–
Vải đánh bóng, m	–	–	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5

Chú thích: Đánh bóng cho lớp mạ giảm lượng tiêu hao còn 60 – 70%.

Cườm bóng cho vàng, bạc, bạch kim... thường dùng các dụng cụ chuyên dụng (hình 14.14) bằng thép miết lên bề mặt chi tiết thấm dung dịch kiềm loãng.



Hình 14.14. Các dụng cụ cườm bóng kim loại quý

14.2. THIẾT BỊ GIA CÔNG BỀ MẶT CHO CÁC VẬT NHỎ

14.2.1. Trống quay và chuông quay

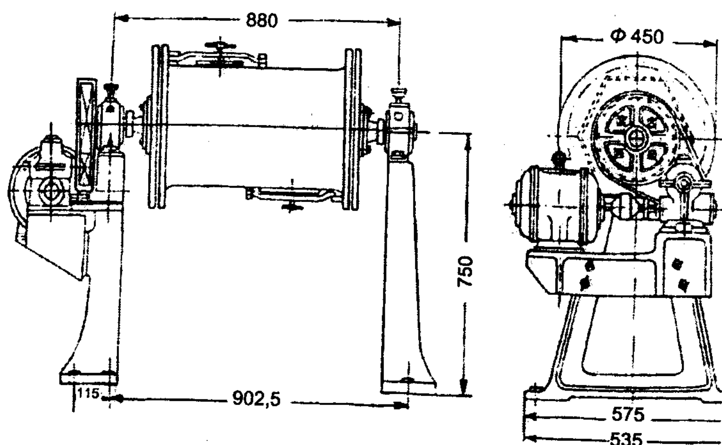
Để mài đồng thời đánh bóng cho các loại chi tiết nhỏ thường dùng trống quay hay chuông quay. Trống quay dành cho các chi tiết bé, chuông quay dành cho chi tiết có nhiều gờ, cạnh, gồ ghề... Khi quay, chi tiết cọ xát lẫn nhau cùng với dung dịch hóa chất làm cho các chất bẩn, vẩy sắt, gỉ, oxit, bavia... mất đi và bề mặt bóng lên trước khi mạ.

Trống quay và chuông quay thường có dạng 6 mặt, 8 mặt hoặc tròn (hình 14.15).

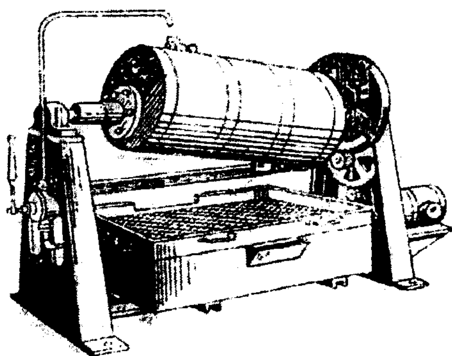
Tốc độ quay của trống quay là 20 – 60 vg/ph, của chuông quay là 40 – 80 vg/ph.

Vật liệu trống và chuông bằng gang, thép, gỗ, chất dẻo (xem mục 13.8)... thường có lót cao su để tăng chất lượng gia công, giảm ồn, chống ăn mòn, mài mòn.

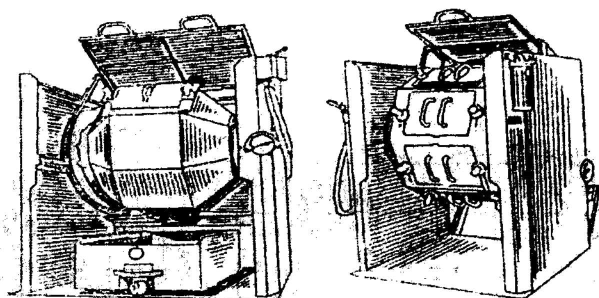
Hình 14.15a là loại trống quay bằng gang, đường kính 150 mm, có hai cửa tháo nạp liệu đối lệch nhau. Trong trống có 2 – 3 gờ nổi nhằm đảo trộn đều chi tiết trong lúc gia công. Lượng tải chiếm 2/3 thể tích trống.



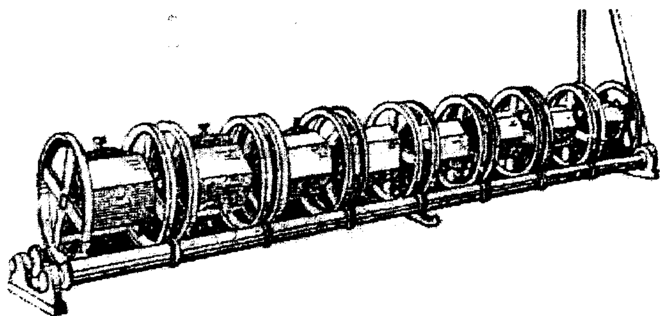
Hình 14.15a. Trống quay thân bằng gang



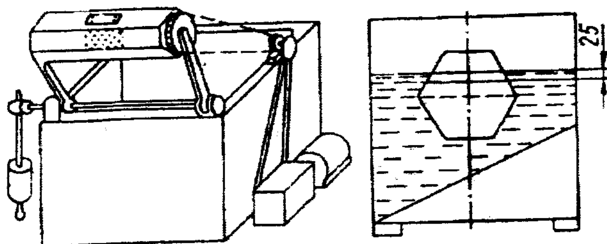
Hình 14.15b. Trống quay lệch trục



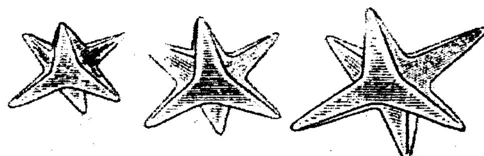
Hình 14.15c. Trống quay đóng kín giảm ồn



Hình 14.15d. Loạt trống cùng quay trên hai trục quay chính



Hình 14.15e. Trống quay bóng nhúng trong dung dịch



Hình 14.15f. Sao bằng da trộn lẫn với chi tiết bé đánh bóng trong trống quay

Bảng 14.10 giới thiệu đặc điểm cấu tạo của một loại trống quay.

Bảng 14.10. Đặc điểm cấu tạo của trống quay

Loại	*Đường kính trong, mm*	*Chiều dài, mm*	*Số vòng quay, vg/ph*	*Trọng lượng, kg*	*Công suất động cơ, W*
Dài	200 – 500	1000	20 – 30	50 – 150	75 – 220
Ngắn	600 – 800	400 – 750	15 – 20	200 – 250	370 – 550

Tính tốc độ quay của trống theo công thức thực nghiệm (14.2):

Đối với chi tiết bé, nhẹ $N = 28,1 . D^{-1/2}$, vg/ph

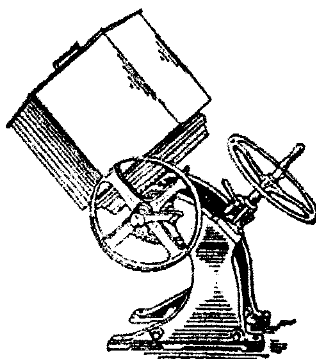
Đối với chi tiết trung bình $N = 21,2 . D^{-1/2}$, vg/ph

Đối với chi tiết to, nặng $N = 15,9 . D^{-1/2}$, vg/ph

trong đó: N – số vòng quay trong một phút;

D – đường kính vòng tròn nội tiếp trống lục giác, bát giác, mm.

Hình 14.16 cho thấy hình dạng của vài loại chuông quay.



Hình 14.16. Chuông quay gia công bề mặt chi tiết nhỏ

Vật liệu mài, đánh bóng các chi tiết nhỏ: Mài, đánh bóng các chi tiết nhỏ trong chuông quay, trống quay có thể trộn thêm các vật liệu sau để tăng tốc độ và chất lượng mài, đánh bóng: hạt mài, cát, sỏi, bi sắt, corunđum, mùn cưa, trấu, vụn da... Thường dùng hỗn hợp vài ba loại vật liệu để tăng hiệu quả gia công. Bảng 14.11 giới thiệu các hỗn hợp và hiệu quả mài mòn vật gia công của chúng.

Bảng 14.11. Hỗn hợp vật liệu và hiệu quả của chúng

Hỗn hợp vật liệu	*Lượng kim loại bị mòn, g/dm², sau thời gian gia công*	
	10 h	*20 h*
Bột đá bazan, corunđum	4,5 – 6	8,5
Bột đá bazan, cát	2,5 – 3,0	4,5
Bột đá bazan, cát, dầu hỏa	2,1	3,4
Bột vôi, cát	1,8	2,7
Bột vôi, cát, dầu hỏa	0,7	1,8

Lượng tải (vật gia công + hỗn hợp vật liệu mài) cho phép chứa trong:

– Trống quay ngập đến 0,4 – 0,6 đường kính ngoại tiếp, hoặc chiếm 65 – 75% thể tích trống;

– Chuông quay chiếm không quá 3/4 thể tích chuông.

Bảng 14.12. Trọng lượng chứa trong 1 dm³ của các vật nhỏ

Vật mạ nhỏ và vật liệu mài	*Đặc điểm*	*kg/dm³*
Vật mạ nhỏ dập từ thép tấm	Rất cồng kềnh	0,5 – 1,5
Vật mạ nhỏ dạng thanh, thỏi, đinh, dây	Cồng kềnh	1,5 – 2
Vật mạ nhỏ dạng khối: ecu, bulông, trục...	Ít cồng kềnh	1,8 – 2,7
Chi tiết nhỏ có hình thù ít phức tạp	Ít cồng kềnh	1,8 – 2,7
Chi tiết dập từ thép tấm, rèn, đúc	Xếp khá chặt	2,7 – 3,5
Chi tiết bằng thép hình dạng đơn giản: trục, bi...	Xếp gần khít	3,5 – 4,6
Đá bazan	60 – 80 μm	1,3
Đá bazan	40 – 60 μm	1,5
Đá bazan	20 – 40 μm	1,6
Đá vôi	40 – 60 μm	1,4
Đá vôi	20 – 40 μm	1,5
Cát thạch anh	5 – 10 μm	2,3
Bi thép	*d* 3 – 8 mm	4,8 – 4,5
Bi thủy tinh	*d* 4 – 8 mm	1,5 – 1,4

Trọng lượng trong 1 dm³: Do đống vật mạ nhỏ và đống vật liệu mài có nhiều chỗ trống nên trọng lượng chứa trong 1 dm³ thay đổi tùy theo độ cồng kềnh của chúng. Bảng 14.12 cho biết trọng lượng chứa trong 1 dm³ của các vật mạ nhỏ và của các vật liệu mài.

Quay bóng vật mạ trong trống quay và chuông quay có hai cách:

– *Quay bóng khô* thường dành cho vật đã mạ, nhằm tăng thêm độ bóng, loại bỏ gai...

– *Quay bóng ướt* thường dành cho vật chưa mạ, nhằm làm sạch hết gỉ, oxit, dầu mỡ... Đánh bóng ướt phải cho thêm 2 – 3% (trọng lượng) một trong bốn dung dịch sau:

1. Để làm sạch bavia và làm nhẵn:

Na_2CO_3	900 g
$Na_2Cr_2O_7$	100 g
Nước	100 lít

2. Để tẩy gỉ và làm nhẵn cho thép:

H_2SO_4	2 – 5 kg
Nước	100 lít

3. Để quay bóng cho thép:

Xà phòng	4 kg
Na_2CO_3	2 kg
NaCN	0,5 kg
Nước	100 lít

4. Để quay bóng cho đồng, hợp kim đồng:

Xà phòng	3,1 kg
Na_2CO_3	1,2 kg
NaCN	0,6 kg
Nước	100 lít

Các chi tiết bé dạng tấm, lá hoặc chi tiết rèn dập khi quay phải cho thêm bi thép (đối với chi tiết bằng sắt, thép) hoặc bi thủy tinh, gốm, sứ (đối với chi tiết bằng đồng, nhôm và các kim loại mềm khác) để chúng không dính bám lâu với nhau và để tăng hiệu quả quay bóng. Dùng bi có đường kính từ 2 – 3 mm, thể tích bi phải gấp 3 – 5 lần thể tích vật cần quay bóng. Thời gian quay bóng tùy thuộc vào tình trạng bề mặt của chi tiết:

Chi tiết bằng thép tấm, rèn 30 – 40 h.

Chi tiết đột dập1 – 8 h.

Chi tiết đã gia công sơ bộ 1 – 4 h.

Chi tiết đúc từ kim loại màu 10 – 15 h.

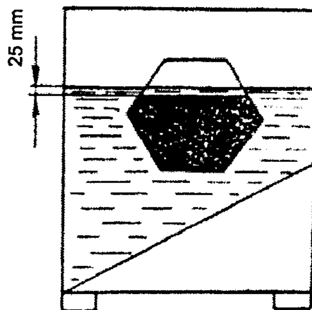
Chi tiết đúc từ gang xám 70 – 80 h.

Trống quay bóng ngâm trong dung dịch: Có thể dùng loại thiết bị này (hình 14.17) đồng thời làm sạch và quay bóng cho bề mặt chi tiết trước khi mạ. Trống quay hình trụ sáu mặt có đường kính ngoài 300 – 400 mm, chiều dài 600 mm, làm bằng thép tấm có nhiều lỗ nhỏ, hàn ghép lại. Trống nhúng ngập trong thùng tĩnh chứa dung dịch; lớp vật cần gia công và vật liệu mài phải chìm dưới mặt dung dịch 25 – 30 mm. Khi làm việc, do cọ xát giữa chi tiết với nhau và với vật liệu mài mà bề mặt chi tiết được làm sạch và bóng lên. Tốc độ quay của trống từ 25 – 30 vg/ph. Vật liệu mài hữu cơ cho chất lượng sản phẩm tốt hơn vô cơ.

Yêu cầu cấp độ nhẵn của bề mặt trước khi mạ: Vật trước gia công thường có cấp độ nhẵn thấp ∇4 – ∇6, sau quay bóng sẽ tăng đến ∇7 – ∇8, nếu quay bóng tiếp trong thiết bị ở hình 14.17 thì cấp độ nhẵn bóng có thể tăng thêm đến ∇9 – ∇10.

Có thể thay bi thép bằng bi sành, sứ nhưng phải quay lâu đến 24 h.

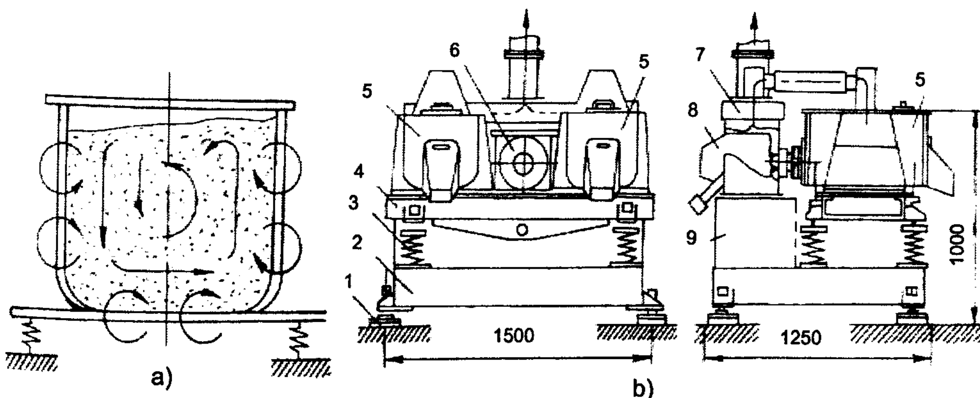
Để mau đạt độ bóng cao nên cho vào vật liệu mài một ít mảnh vụn lõi ngô.



Hình 14.17. Trống quay nhúng ngập trong thùng tĩnh

14.2.2. Máy xóc rung

Máy xóc rung dùng để làm sạch và nhẵn bề mặt chi tiết nhỏ bằng kim loại rất hiệu quả. Chi tiết cần gia công và vật liệu mài cùng đổ vào buồng xóc và rung với tần số 3000 lần/ph. Tất cả khối vật liệu và chi tiết được xóc rung nên chuyển động vòng tròn và đảo lộn từ trên xuống dưới, từ dưới lên trên. Vật liệu và chi tiết cọ xát lẫn nhau làm cho bề mặt chi tiết được sạch và nhẵn bóng. Hình 14.18 trình bày một loại máy xóc rung và bảng 14.13 trình bày các thông số cơ bản của chúng.



Hình 14.18. Máy xóc rung làm sạch và nhẵn bề mặt chi tiết kim loại

a. Buồng xóc và hướng chuyển động (mũi tên) của khối vật liệu;

b. Sơ đồ cấu tạo của máy xúc rung.

1. Chân máy; 2. Bệ máy; 3. Lò xo; 4. Khung; 5. Buồng xóc

6. Bộ rung; 7. Lọc khí; 8. Động cơ điện; 9. Giá đỡ.

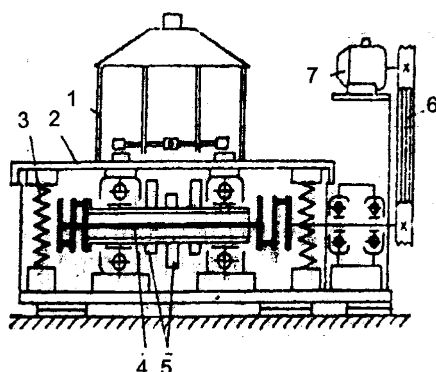
Bảng 14.13. Các thông số cơ bản của máy xúc rung

Các thông số	*Kiểu máy*	
	XR – 2 × 50	*XR – 500*
Số buồng xóc	2	1
Thể tích buồng xóc, lít	2 × 50	500
Công suất động cơ, kW	1,5	4,5
Kích thước máy, mm	1760 × 1000 × 1050	2150 × 2050 × 1500
Trọng lượng	1012	2412

Bảng 14.14. Thông số kỹ thuật của máy xóc rung MX

Thông số kỹ thuật	*Kiểu máy*			
	MX – 25	*MX – 125*	*MX – 250*	*MX500*
Tổng sức chứa các buồng, lít	20	80	130	220
Số buồng xóc	6	1	2	2
Tải trọng hữu ích (chi tiết), kg	25	125	250	500
Biên độ rung, mm	1,5	đến 2,5	đến 2,5	đến 2,5
Tần số rung, lần/ph	3000	đến 2700	đến 2700	đến 2700
Công suất động cơ, kW	1,7	7,0	10,0	14,0
Kích thước máy, mm	740 × 500 × 500	1200 × 1200 × 1100	1300 × 1200 × 1700	1700 × 1200 × 1600
Kích thước tối đa của chi tiết, mm	30 × 30 × 15	150 × 80 × 50	150 × 80 × 50	250 × 100 × 100

Hình 14.19 và bảng 14.14 trình bày một loại máy xóc rung khác.



Hình 14.19. Sơ đồ máy xóc rung MX – 125

1. Buồng xóc; 2. Giàn khung; 3. Lò xo; 4. Trục quay;

5. Đối trọng gây rung; 6. Đai truyền; 7. Động cơ điện.

14.3. THIẾT BỊ PHUN CÁT HAY BI KIM LOẠI

Dùng không khí nén đến áp suất 4 – 4,5 atm, hoặc nước nén đến áp suất 6 atm, hút cát hay bi rồi phun thành tia đập mạnh vào bề mặt kim loại cần gia công, kết quả là bề mặt được làm sạch hết dầu mỡ, gỉ, cặn bẩn... cho bề mặt gia công nhám, mờ, đồng đều và rất hoạt động nên có khả năng gắn bám tốt với nhiều loại lớp mạ, lớp phủ lên nó.

Phương pháp này rất hiệu quả, cho chất lượng cao, trong đó phương pháp phun ướt ngày nay khá thịnh hành vì không gây bụi, bảo vệ tốt môi trường làm việc.

Thiết bị phun cát khô có hai bộ phận chính:

– Máy nén khí có bộ phận tách dầu và nước: không khí được nén và làm sạch rồi dẫn đến đầu vòi phun (xem hình 14.23);

– Khoang phun: tại đây cát hay bi được khí nén hút đến đầu vòi phun rồi bắn mạnh vào bề mặt chi tiết cần gia công để làm sạch chúng; cát phun xong được gom lại và tự chảy về khoang trộn để tiếp tục chu kỳ sau; khí nén tự giảm áp được lọc bụi rồi thải ra ngoài.

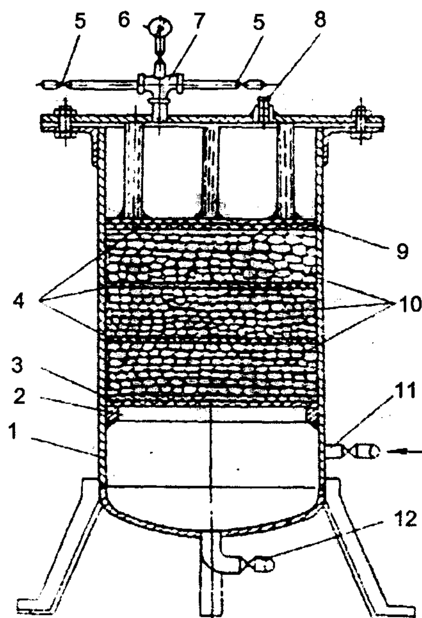
Khoang này thường phải kín và đặt riêng trong một phòng kín để chống bụi và ồn.

Cát: có thể dùng cát vàng gia công cho thép cacbon, kim loại màu, kim loại nhẹ và dùng bi kim loại, bi gang... gia công cho kim loại có độ cứng cao. Ngày nay phương pháp phun cát thạch anh khô đã bị cấm sử dụng ở nhiều quốc gia vì gây nhiều độc hại.

Kích thước hạt cát hay bi và áp suất khí nén phải chọn theo hướng dẫn ở bảng 14.15.

Bảng 14.15. Chọn áp suất khí nén và cỡ hạt cho máy phun bi, cát

Nhóm chi tiết cần gia công	*Áp suất khí nén, atm*	*Kích thước bi, cát, mm*
Có chiều dày 3 mm	3 – 5	2 – 2,5
Vật đúc, tấm phẳng dày < 3 mm	1,5 – 4	1 – 2
Lá mỏng, bé	1,5 – 2,5	0,5 – 1
Đồng, đồng thau	1,5 – 2,5	–
Nhôm, hợp kim nhôm	1 – 1,5	–



Hình 14.20. Thiết bị tách nước và dầu mỡ cho không khí nén

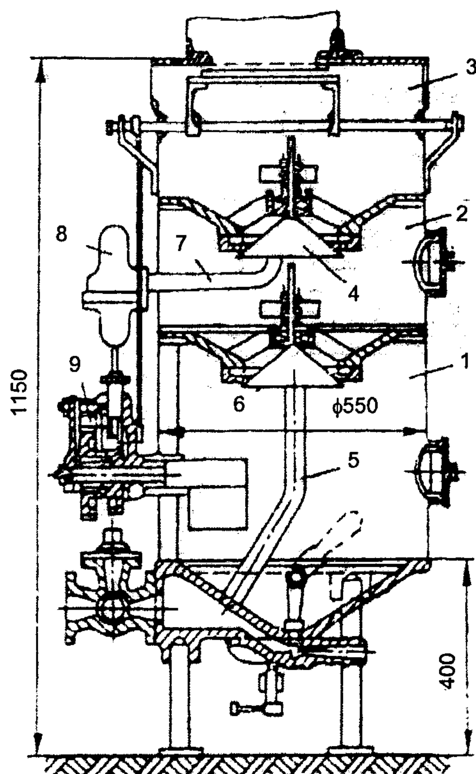
1. Khoang chứa; 2. Ghi nâng; 3. Lưới; 4. Sợi, dạ; 5. Van (khí ra); 6. Áp kế; 7. Chạc ba; 8. Van bảo hiểm; 9. Lưới trên; 10. Than cốc; 11. Ống nối (khí vào); 12. Van xả.

Khí nén: Không khí được nén trong máy nén khí rồi làm sạch hết nước, dầu mỡ bằng thiết bị tương tự như hình 14.20. Tính năng của thiết bị tách nước và dầu mỡ cho không khí nén được ghi ở bảng 14.16.

Bảng 14.16. Tính năng thiết bị làm sạch khí nén

Thông số kỹ thuật	*Kiểu MBO–1*	*Kiểu MBO–1B*	*Kiểu MBO–2*	*Kiểu MBO–2B*
Đường kính, mm	260	260	470	470
Chiều cao, mm	400	700	1000	1250
Thể tích, lít	20	35	160	200
Chiều dày thành, mm	3	3	4	4
Số đĩa dạ	4	4	5	5
Số vành	3	3	4	4
Áp suất khí nén, atm	6	6	6	6
Trọng lượng, kg	40	55	185	275

14.3.1. Thiết bị phun bi, cát hai khoang

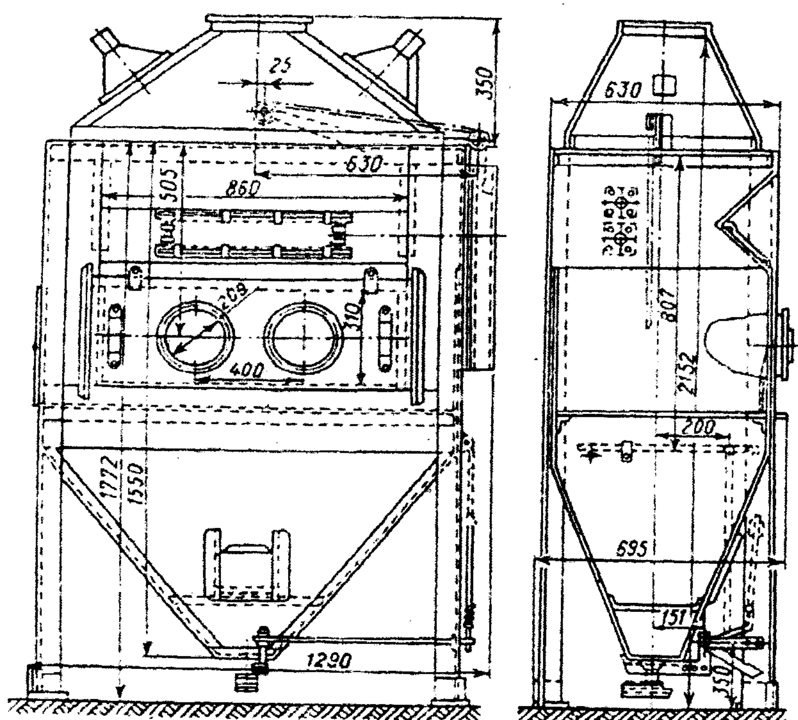


Hình 14.21. Thiết bị phun bi, cát hai khoang

Hình 14.21 là sơ đồ của một kiểu thiết bị thuộc loại này: Cát từ phễu *3* sẽ tự chảy vào khoang *2* khi van *4* mở (và van *6* đóng). Van *4* đóng lại và khí nén được nạp vào khoang *2* nhờ van *8* và ống *7*. Khi đạt áp suất quy định, van *6* tự mở và cát hay bi được phun mạnh vào khoang *1* để gia công bề mặt chi tiết. Sau đó khí nén bị giảm áp và theo ống *5* ra ngoài, còn bi, cát được gom ở đáy thiết bị rồi đưa lại phễu *3* để tiếp tục chu kỳ sau. Bộ phận *9* điều khiển van *8* để chỉnh áp suất khí trong khoang *2*.

14.3.2. Tủ phun bi, cát

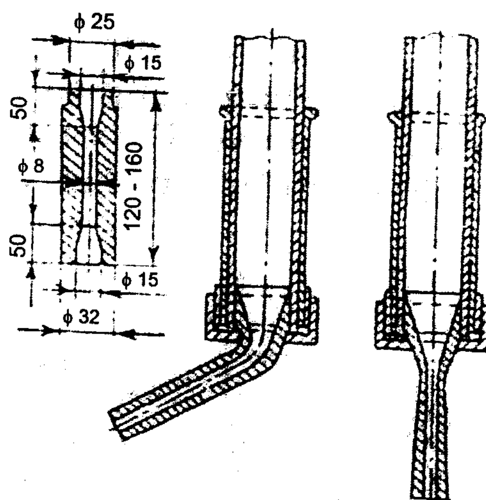
Hình 14.22 là sơ đồ một loại tủ phun cát hay bi để gia công bề mặt chi tiết. Thân tủ có hai lỗ tròn thò tay vào trong tủ để thao tác, miệng các lỗ có lắp ống tay áo bằng cao su để bảo vệ. Phía trên có kính quan sát đặt nghiêng và ngang tầm mắt để dễ nhìn. Tủ làm việc theo nguyên lý như ở đầu mục 14.3.



Hình 14.22. Tủ phun bi, cát

14.3.3. Phụ tùng và vật liệu dùng trong phun bi, cát

Vòi phun quyết định năng suất của thiết bị và phụ thuộc vào đường kính vòi phun. Đường kính vòi phun thường từ 4 – 15 mm. Hình 14.23 vẽ sơ đồ một loại vòi phun.



Hình 14.23. Vòi phun bi, cát

Vòi phun bằng gang trắng bền hơn bằng gang hợp kim với kim loại nhẹ, có thể làm việc liên tục 0,5 – 1 ca.

Vòi phun bằng cacbit – vonfram cứng nhất, có thể làm việc liên tục 800 – 1000 h.

Khí nén: Lượng khí nén tiêu hao (m^3/h) phụ thuộc vào áp suất khí và đường kính vòi phun được trình bày trong bảng 14.17.

Bảng 14.17. Lượng khí nén tiêu thụ cho phun bi, cát (m^3/h)

Áp suất khí, atm	*Đường kính vòi phun, mm*					
	4	*6*	*8*	*10*	*12*	*15*
2	31	62	110	170	245	375
2,5	33	70	125	195	280	487
3	37	78	145	225	320	500
3,5	41	85	160	150	360	565
4	48	100	175	275	400	625
4,5	50	110	195	308	435	690
5	58	130	235	360	515	820
6	62	137	250	385	550	885

Cát vàng: Rẻ, sẵn, có khả năng xói mòn đều bề mặt kim loại. Dùng loại đều hạt, tùy theo cỡ hạt mà gia công cho các đối tượng khác nhau như sau:

Hạt 0,2 – 0,5 mm dùng xói mòn và làm mờ bề mặt.

Hạt 0,5 – 2 mm dùng gia công cho các chi tiết mỏng.

Hạt 2 – 5 mm dùng gia công cho các chi tiết dày.

Hạt gang: Đắt nhưng hiệu quả xói mòn cao, dùng được lâu, ít sinh bụi, cho bề mặt đồng đều. Chọn cỡ hạt gia công cho từng đối tượng như sau:

Số cỡ hạt 7, qua sàng 2,91
Số cỡ hạt 8, qua sàng 2,57 } Gia công cho các vật đúc
Số cỡ hạt 9, qua sàng 2,35

Số cỡ hạt 11, qua sàng 1,87 và
Số cỡ hạt 13, qua sàng 1,51 Dùng cho chi tiết dày > 10 mm
Số cỡ hạt 16, qua sàng 1,19 Dùng chi chi tiết dày 5 – 10 mm
Số cỡ hạt 24, qua sàng 0,79 và
Số cỡ hạt 34, qua sàng 0,53 Dùng cho chi tiết dày 1 – 5 mm
Số cỡ hạt 55, qua sàng 0,3 Dùng cho chi tiết dày 0,5 – 1 mm
Số cỡ hạt 70, qua sàng 0,22 và
Số cỡ hạt 90 Dùng cho chi tiết dày < 0,5 mm

Các hạt đặc biệt khác: Hạt mài nhân tạo, corunđum... là loại hạt sắc, cứng cho hiệu quả và chất lượng cao, dùng được lâu và ít sinh bụi.

Hạt đá, hạt nhựa... là loại hạt mềm, dùng gia công cho kim loại màu như Sn, Cu, Zn, Al và một số hợp kim khác.

Tùy theo cách chọn loại hạt, cỡ hạt, cách phun, áp suất khí... mà có thể nhận được bề mặt sản phẩm mờ hay bóng.

Chọn vật liệu hạt cho các công nghệ: Tùy theo mục đích phun cát để làm gì tiếp sau đó mà chọn loại hạt và cỡ hạt cho phù hợp như sau:

Tráng men dùng hạt gang	số 16 – 24 hay cát 0,5 – 2 mm;
Nhúng hay phun kim loại nóng chảy	số 16 – 24 hay cát 0,5 – 2 mm;
Nhúng hay phun nhựa nóng	số 6 – 24;
Phun vữa ximăng	số 7 – 9;
Photphat hóa	số 55 – 70 hay cát 0,2 – 1,5 mm;
Sơn hữu cơ	số 24 – 55 hay cát 0,5 – 1,5 mm.

Lượng hạt tiêu thụ cho quá trình phun: Trọng lượng cát hay hạt gang tiêu thụ khi phun với áp suất 6 atm như sau:

Đường kính vòi phun, mm	*Cát thạch anh, kg/h*	*Hạt gang, kg/h*
4,8	225	560
6,5	400	1000
8	550	1500
9,5	750	1900
11	1000	2500
12	1300	3400

(Cát thạch anh chỉ được phép dùng trong phương pháp phun ướt)

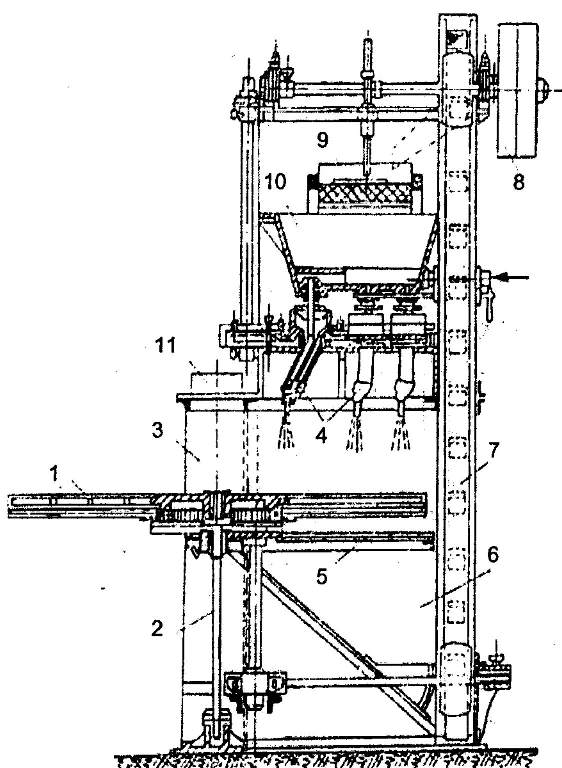
Tiêu hao do hao mòn, mất mát khi gia công cho 1 tấn sản phẩm như sau:

Cát thạch anh 50 – 100 kg (không thu hồi);

Hạt gang 2,5 – 3,5 kg (có thu hồi).

14.3.4. Thiết bị phun cát cho chi tiết bé

Bàn phun: Chi tiết bé đặt trên mâm *1* quay quanh trục *2*, cát được phun từ vòi *4* lên vật gia công rồi rơi qua lưới *5* xuống thùng *6* được gàu xích nâng *7* múc đưa lên thùng *10* sau khi được sàng *9* loại bỏ rác bẩn, từ đó cát được tiếp tục làm việc ở chu kỳ sau. Màn che *3* ngăn bụi, bánh đai *8* làm cho gàu xích nâng hoạt động; *11* là ống nối (hình 14.24).



Hình 14.24. Bàn phun quay gia công chi tiết bé

Đặc tính kỹ thuật của một loại bàn phun quay:

Đường kính mâm quay 2300 mm;

Số vòng quay của mâm 0,44 – 0,88 vg/ph;

Số lượng vòi phun 3 cái;

Đường kính vòi phun 6 – 8 mm;

Công suất động cơ 2,2 kW;

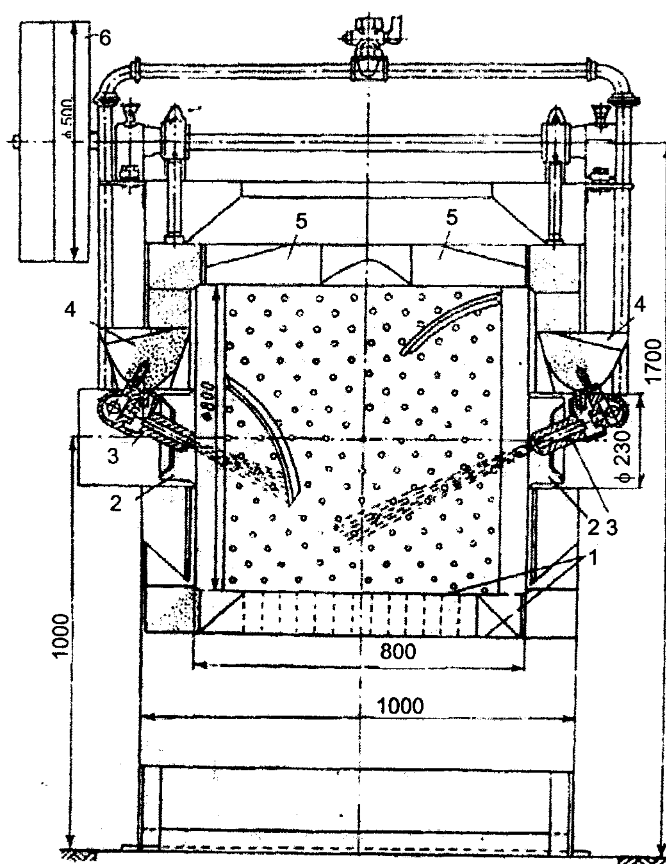
Tiêu thụ khí nén (1,75 – 2 atm) 6 – 8 m^3/ph;

Tiêu tốn cát 100 kg/tấn sản phẩm;

Năng suất thiết bị 1 – 1,5 tấn/h;

Trọng lượng thiết bị 3,7 tấn.

Thùng phun để gia công chi tiết bé (hình 14.25). Chi tiết bé được phun cát trong thùng quay hai vỏ *1*, với tốc độ 1 – 3 vg/ph quanh trục ren rỗng *2*. Vòi phun *3* đâm xuyên qua trục ren rỗng để phun cát vào vật gia công đặt trong thùng quay. Cát phun xong rơi qua lỗ của thành trong xuống thành ngoài của thùng rồi được nâng lên theo chiều quay và nhờ các lưỡi gạt *4* đưa xuống phễu *5* để tiếp tục chu kỳ sau. Bánh đai *6* làm chuyển động thùng quay.

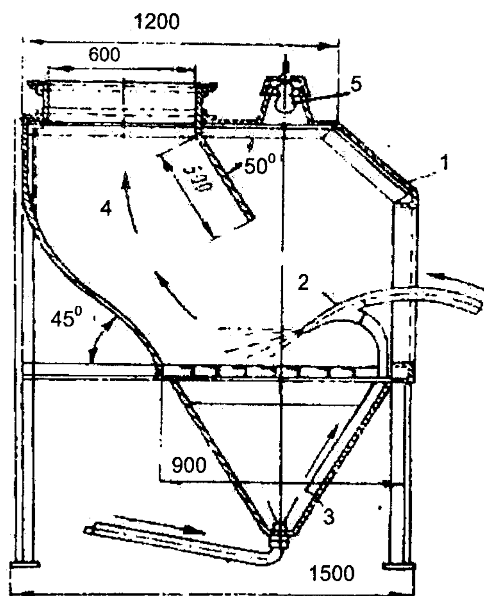


Hình 14.25. Thùng phun quay gia công chi tiết bé

Bề mặt gia công xong rất hoạt động, dễ bị oxy hóa, không nên giữ lâu quá mà phải dùng hết trước 5 – 8 h. Lâu hơn phải gia công lại trước khi mạ.

Bảng 14.18. Đặc tính kỹ thuật thiết bị phun ướt

Các đặc tính	*Kiểu thiết bị*				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Thể tích buồng chứa, lít	200	80	60	85	100
Ap suất khí nén, atm	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5
Ap suất khí sục cát, atm	2 – 3	2 – 3	2 – 3	khuấy cơ	2 – 3
Cát ở buồng chứa, lít	50 – 70	25	20	23	–
Kích thước thiết bị, m	2,5 × 2 × 2	1,5 × 1,4 × 1,9	1,2 × 1,4 × 2,2	1,2 × 1,1 × 2,3	1,5 × 1 × 2



Hình 14.26. Thiết bị phun ướt gia công các chi tiết trung bình

1. Khoang phun; 2. Vòi phun với khí nén 4 atm;

3. Buồng chứa cát và nước sục khí nén; 4. Ra ống thông gió; 5. Đèn.

Phun ướt: Dùng khí nén hay nước có áp suất cao phun dòng dung dịch cùng với cát vào bề mặt cần gia công của các chi tiết có kích thước trung bình (hình 14.26, bảng 14.18).

Bên trong thiết bị lót cao su chống rò nước dày	3 – 5 mm
Khoảng cách từ vòi phun đến chi tiết	~ 60 – 100 mm
Trục vòi phun đặt nghiêng với mặt chi tiết	$35 - 60^0$
Độ nhẵn sau gia công đạt	∇8 – ∇9

Năng suất thiết bị cao. Không nên tăng lượng hút dung dịch huyền phù.

Thành phần hỗn hợp huyền phù: cát một phần, nước hai phần, $CaCO_3$ 1 – 2%, hoặc $NaNO_2$ 8 – 10%.

Kiểm tra chất lượng phun cát: Sau phun cát phải đạt: hết gỉ, oxit, lớp sơn, lớp mạ cũ...; bề mặt mờ đều, sạch, đồng nhất; không có vết xước, vết lõm thô.

Kiểm tra bằng mắt và kính lúp so sánh với mẫu chuẩn hay đánh giá thực trạng bề mặt theo các chỉ tiêu trên. Mẫu chuẩn nên chọn ba loại: mẫu chuẩn 1 có chất lượng đúng với yêu cầu, mẫu chuẩn 2 chưa đạt về độ hạt, mẫu chuẩn 3 chưa đạt về độ nhẵn. Khi kiểm tra cần so sánh đồng thời vật với cả ba mẫu chuẩn đó.

Trang bị an toàn: Thiết bị phun cát phải đặt trong một phòng riêng, tránh bụi và ồn cho toàn xưởng.

– Nền móng đặt thiết bị phun cát phải vững chắc, ổn định.

– Phải có hệ thống hút khí và bụi từ thiết bị ra và thổi gió tươi mát vào nơi đứng thao tác.

– Thiết bị điện phải dễ thao tác và lắp đặt an toàn.

– Công nhân phải đeo kính, đeo khẩu trang, đi găng tay... khi thao tác.

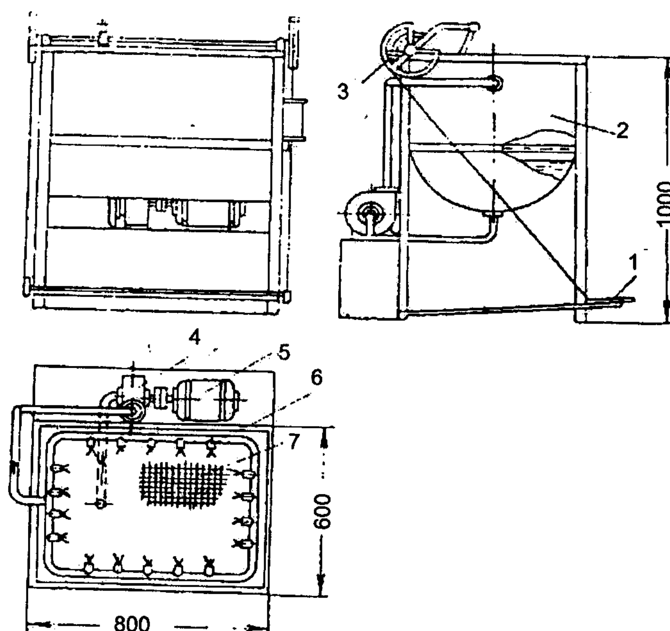
14.4. THIẾT BỊ TẨY HÓA HỌC VÀ ĐIỆN HÓA

14.4.1. Thiết bị tẩy trong dung môi hữu cơ

Để loại bỏ lớp dầu, mỡ, thuốc mài, thuốc đánh bóng... bám dày, két chặt trong khe, kẽ..., cần tẩy trong dung môi hữu cơ như các hydrocacbon (xăng, benzen...) hay các hydrocacbon đã clo hóa (tricloetylen, tetracloetylen, freon–113 tức triflotricloetan...) (xem mục 3.1).

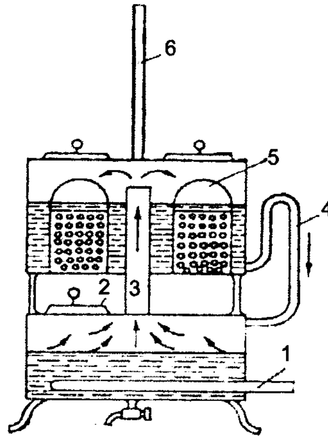
Dung môi hữu cơ đựng trong bể thép hình trụ hay hình hộp. Chi tiết tẩy được nhúng trực tiếp hay đựng trong giỏ lưới rồi nhúng vào dung môi. Để tăng hiệu quả tẩy thường dùng cách phun tia dung môi lên vật tẩy. Hình 14.27 giới thiệu một loại thiết bị đơn giản tẩy phun dung môi hữu cơ.

Nguyên tắc làm việc: Đè bàn đạp *1* cho động cơ *5* (0,6 kW) và bơm *4* chạy để bơm dung môi đến các vòi *6* phun lên chi tiết đặt trên lưới *7*. Dung môi chảy xuống bể phía dưới và được bơm để tiếp tục tẩy chu kỳ sau. Khi vận hành tránh va đập mạnh, đóng mở nắp thiết bị có lò xo *3* đỡ cản và có bộ phận chắn khí.



Hình 14.27. Thiết bị tẩy dung môi hữu cơ có các đáy kép khác nhau

Hình 14.28 giới thiệu một loại thiết bị tẩy trong hơi dung môi hydrocacbon clo hóa. Thiết bị có hai ngăn, làm việc tự động. Dung môi nằm ở ngăn dưới *2*, được can nhiệt *1* đun đến sôi, hơi dung môi đi qua ống *3* và ngưng tụ lại ở ngăn trên, tại đây đặt các giỏ *5* đựng chi tiết cần tẩy. Dàn lạnh *6* giúp hơi ngưng tụ nhanh, ống *4* hồi lưu dung môi bẩn xuống ngăn dưới.



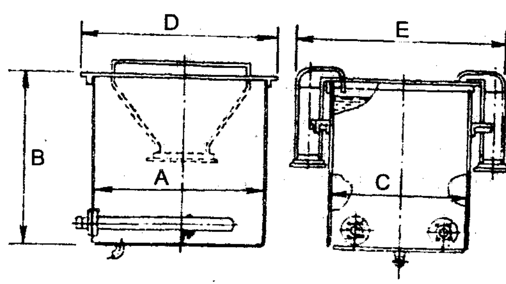
Hình 14.28. Thiết bị tự động tẩy dầu mỡ trong dung môi

14.4.2. Thiết bị tẩy dầu mỡ trong kiềm

Thường tẩy dầu mỡ trong kiềm bằng thùng tĩnh. Thùng tẩy hóa học hay điện hóa đều làm bằng thép tấm, có trang bị can nhiệt hoặc hệ thống trao đổi nhiệt, có máng chảy tràn để gạt bỏ bọt bẩn nổi trên mặt thoáng, có một hay hai máng hút thông gió, bể tẩy điện hóa có thêm cầu đồng dẫn điện một chiều để treo cực và vật tẩy. Hình 14.29 mô tả hình dạng và kích thước của thùng tẩy dầu mỡ hóa học, bảng 14.19 giới thiệu các kích thước chính của thùng.

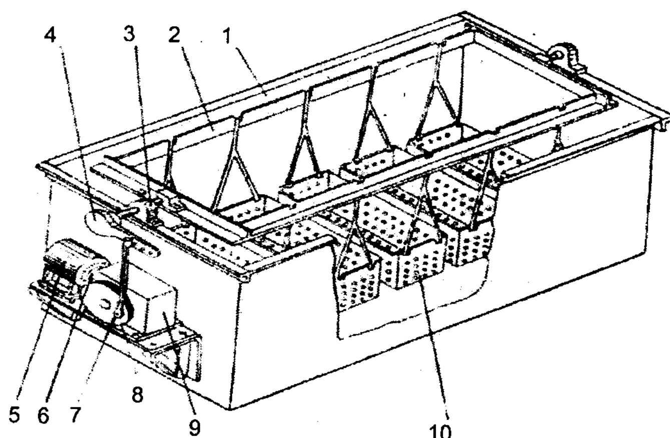
Bảng 14.19. Kích thước thùng tẩy dầu mỡ hóa học

Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	180	600	500	700	710	980
2	300	800	600	700	910	1080
3	430	1000	700	700	1110	1180
4	720	1000	800	1000	1110	1280
5	1760	2000	800	1200	2160	1330
6	2700	2500	900	1200	2660	1430
7	2900	2500	1300	1000	3160	1830
8	4300	3000	1000	1200	4660	1530
9	6750	4500	1000	1500	4660	1530
10	7200	4500	1000	1800	4660	1530
11	1000	5000	1000	1800	5160	1530
12	9000	5000	1200	1700	5160	1730



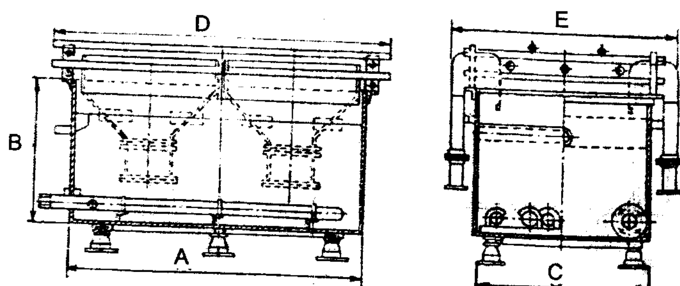
Hình 14.29. Thùng tẩy dầu mỡ hóa học

Để tăng hiệu quả tẩy kiềm hóa học cho các vật nhỏ và trung bình, dùng thiết bị giỏ lắc tương tự như kiểu vẽ ở hình 14.30. Bể *1* bằng thép dày 4 – 5 mm, khung *2* tựa trên gối đỡ *3* mang các giỏ lắc *10* nằm sâu trong dung dịch kiềm. Bộ phận lắc gồm động cơ *5* khớp trục *6*, thanh truyền động *7*, bánh quay *8*, hộp giảm tốc *9*, tay đòn *4*.



Hình 14.30. Thiết bị tẩy dầu mỡ trong giỏ lắc

Hình 14.31 giới thiệu một kiểu thùng tẩy dầu mỡ điện hóa trong dung dịch kiềm. Thùng làm bằng thép tấm dày 4 – 5 mm, có trang bị can nhiệt hay hệ thống trao đổi nhiệt, miệng bể có máng chảy tràn để gạt bỏ bọt bẩn, đáy thùng có lỗ xả kiệt để thay dung dịch và làm vệ sinh. Miệng thùng có một hay hai máng hút thông gió, có các cầu đồng treo cực và vật tẩy, gối trên vật liệu cách điện.



Hình 14.31. Thùng tẩy dầu mỡ điện hóa trong dung dịch kiềm

Bảng 14.20. Kích thước thùng tẩy dầu mỡ điện hóa

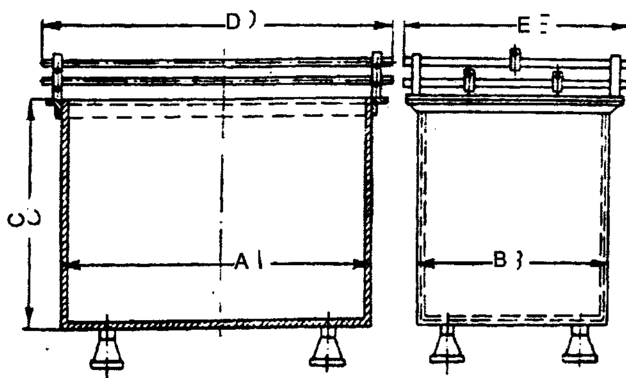
Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	300	800	750	700	950	1230
2	570	1000	800	800	1150	1280
3	1200	2000	1000	800	1150	1530
4	1320	1500	1000	1000	1650	1530
5	1700	2000	800	1200	1150	1280
6	2000	1200	800	2200	1346	1280
7	2360	1200	800	2500	1346	1280
8	2760	1200	1000	2500	1440	1530
9	4600	2000	1000	1000	2240	1530
10	8000	5000	1200	1700	5340	1730

Để chuyển tẩy anot sang tẩy catot và ngược lại, cần có bộ đảo cực.

14.4.3. Thiết bị tẩy gỉ

Bể tẩy gỉ hóa học hay điện hóa trong axit có hình dạng và kích thước như bể tẩy dầu mỡ hóa học hay điện hóa (xem mục 14.4.2), nhưng trong lòng bể phải lót vật liệu chịu axit như cao su, nhựa dẻo, chì... Cần trang bị hệ thống hút gió chịu axit.

14.4.4. Bể tẩy nhẹ



Hình 14.32. Bể tẩy nhẹ

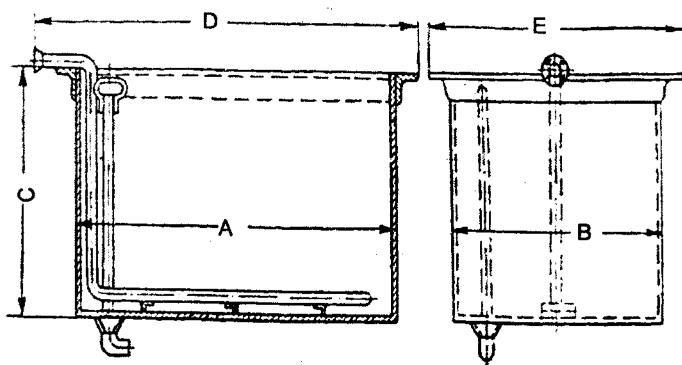
Bể tẩy nhẹ làm bằng thép tấm dày 4 – 5 mm, trong lót vật liệu chịu axit hoặc làm toàn bộ bằng chất dẻo. Bể tẩy nhẹ điện hóa có thêm cầu đồng treo anot và catot (hình 14.32). Kích thước bể tẩy nhẹ hóa học và điện hóa được kê trong bảng 14.21.

Bảng 14.21. Kích thước bể tẩy nhẹ hóa học và điện hóa

Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	280	1000	600	600	1110	1050
2	480	1000	700	800	1110	1180
3	600	1000	800	800	1110	1280
4	780	1500	800	800	1610	1280
5	950	1500	800	800	1610	1280
6	1500	1500	800	1400	1660	1330
7	1600	2500	800	1000	2660	1330
8	1800	1500	1120	1200	1660	1730
9	1890	1500	1200	1200	1660	1730
10	3000	2500	900	1200	2660	1430
11	3500	3000	1300	1000	3160	1830
12	4950	4500	1000	1200	4660	1530
13	5800	3500	1200	1500	3660	1730

14.5. BỂ RỬA

Bể rửa nước lạnh làm bằng thép lót nhựa hay cao su, xây gạch, thép không gỉ, tốt nhất làm bằng nhựa compozit cốt thủy tinh... Miệng bể có chỗ chảy tràn, có vòi cấp nước chảy thành dòng hay phun mưa, mỗi giờ thay nước hai – ba lần. Hình dạng bể xem hình 14.33 và kích thước bể kê trong bảng 14.22.

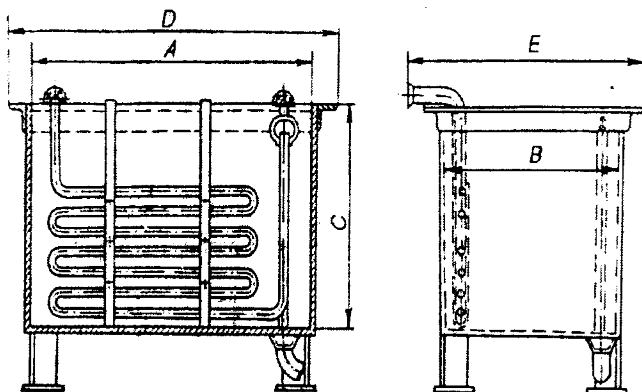


Hình 14.33. Bể rửa nước lạnh

Bảng 14.22. Kích thước bể rửa nước lạnh

Mã số bể	*Thể tích nước, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	67	400	400	500	456	456
2	80	500	400	500	600	500
3	180	600	500	700	688	588
4	300	800	600	700	888	688
5	500	800	700	1000	908	808
6	640	800	800	2200	938	938
7	675	1000	700	1000	1110	840
8	1000	1200	800	1200	1310	910
9	1235	1200	900	1400	1310	910
10	1900	1400	1100	1400	1530	1230
11	2750	1500	800	2500	1640	940
12	2200	2000	800	1500	2142	940
13	3600	2000	1000	2000	2272	1272

Bể rửa nước nóng làm bằng thép dày 4 – 5 mm, miệng có chỗ chảy tràn, có can nhiệt hay hệ thống gia nhiệt bằng hơi nóng hoặc bằng can nhiệt (đun điện). Hình 14.34 trình bày một loại bể rửa nóng đun bằng hơi nước, kích thước bể trình bày trong bảng 14.23.

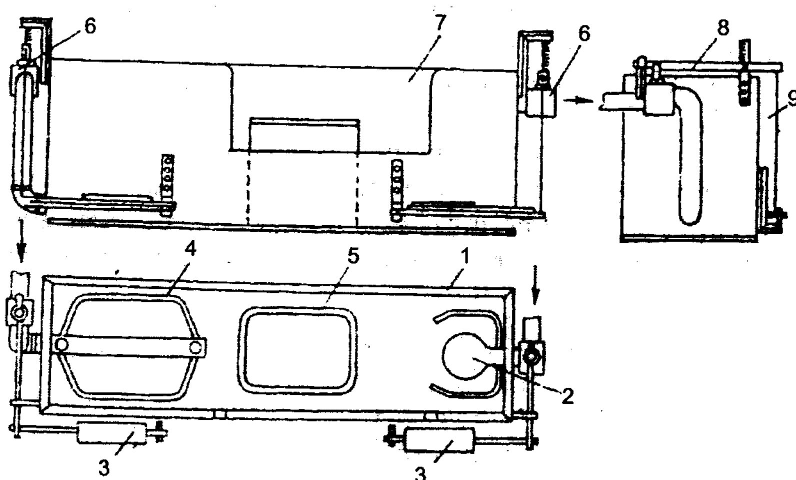


Hình 14.34. Bể rửa nóng đun bằng hơi nước

Bảng 14.23. Kích thước bể rửa nóng đun bằng hơi nước

Mã số bể	*Thể tích nước, lít*	*Kích thước chính, mm*					*Hơi tiêu thụ, kg/h*	*Nhiệt độ, °C*
		A	*B*	*C*	*D*	*E*		
1	80	500	400	500	588	488	5	60
2	162	500	500	800	588	588	22,5	80
3	180	600	500	700	688	588	–	–
4	300	800	600	700	888	688	19,5	60
5	630	1000	700	1000	1110	810	48,0	60 – 70
6	850	1000	1000	1000	1110	1190	–	–
7	1400	1200	900	1400	1210	1010	–	–
8	1800	1500	1200	1200	1630	1330	–	–
9	2240	2000	800	1500	2150	1950	–	–
10	3600	2000	1000	2000	2272	1130	100	60
11	5400	2000	2000	1500	2230	2230	–	–

Thiết bị rửa phun: Hình 14.35 trình bày một loại thiết bị rửa phun.



Hình 14.35. Thiết bị rửa phun

1. Thân bể; 2. Chỗ đặt giỏ lưới rửa chi tiết bé; 3. Bàn đạp; 4. Chỗ rửa chi tiết lớn; 5. Bể tẩy nhẹ; 6. Khóa, nối với bàn đạp 3; 7. Tấm chắn; 8. Đòn bẩy mở khóa 6; 9. Dây kéo.

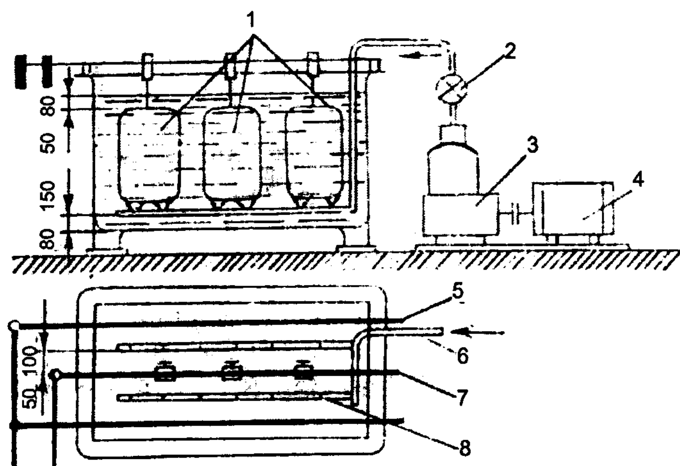
Cách thức rửa, quy trình rửa và tính toán lượng nước tiêu thụ đã trình bày ở mục 3.6, chương 3.

Chương 15
BỂ MẠ VÀ THIẾT BỊ MẠ

Bể mạ là một trong những thiết bị chính của xưởng mạ. Bể mạ có các loại: bể tĩnh, chuông quay, trống quay, thiết bị mạ bán tự động, thiết bị mạ tự động...

Bể mạ thường làm bằng thép dày 4 – 5 mm hàn thành hình hộp, hình trụ tròn... trong có lót vật liệu chịu ăn mòn với dung dịch đựng trong bể. Tùy theo yêu cầu công nghệ, bể còn được trang bị các thiết bị phụ trợ như: thiết bị gia nhiệt và làm nguội, thiết bị khuấy hay tuần hoàn dung dịch, thiết bị bơm lọc và lọc điện hóa, thiết bị hút khí và thổi gió, các cầu treo anot và catot, ống cấp nước và máng chảy tràn hay ống xả kiệt ...

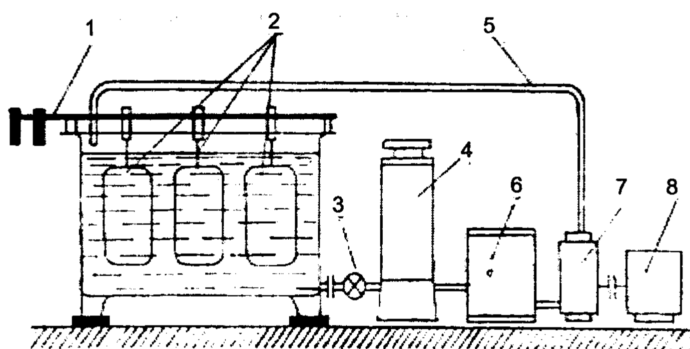
Các thiết bị phụ trợ này được sắp xếp bố trí trong bể và ngoài bể như thế nào cho hợp lý và thuận lợi nhất đối với việc thực hiện các thao tác trong quá trình sản xuất. Ví dụ, các ống gia nhiệt nên đặt xa chỗ người đứng thao tác, còn các công tắc điện, van điều khiển, các núm vặn... trái lại phải để gần, vừa tầm và an toàn với người thao tác; hoặc hệ thống thông gió phải đặt ngầm hay đưa lên cao để thao tác không bị vướng, còn các thiết bị bơm, lọc, nén khí, chỉnh lưu... nên đặt thành dãy riêng bên cạnh dãy các bể mạ, bể tẩy, bể rửa... để thực hiện quy trình công nghệ được thuận lợi. Hình 15.1 và 15.2 là một vài minh hoạ.



Hình 15.1. Sơ đồ bố trí các thiết bị phụ trợ cho một bể mạ

1. Khung treo vật mạ; 2. Van; 3. Máy nén và lọc khí; 4. Động cơ;

5. Cầu anot; 6. Ống dẫn khí nén; 7. Cầu catot; 8. Ống sục khí nén.



Hình 15.2. Sơ đồ bơm lọc và tuần hoàn dung dịch

1. Cầu anot và catot; 2. Khung treo vật mạ; 3. Van; 4. Máy lọc;

5. Ống cấp dung dịch; 6. Bể chứa dung dịch sạch; 7. Bơm; 8. Động cơ.

15.1. BỂ TĨNH

Vật liệu làm bể thường là thép tấm hàn ghép lại, mặt trong có lót vật liệu chống ăn mòn như chất dẻo, cao su... hoặc làm hoàn toàn bằng gốm, sứ, chất dẻo cứng vững.

Các bể thép chứa dung dịch xyanua, dung dịch kiềm không cần lót vật liệu chống ăn mòn ở mặt trong của bể.

15.1.1. Bể mạ chứa dung dịch xyanua hay kiềm

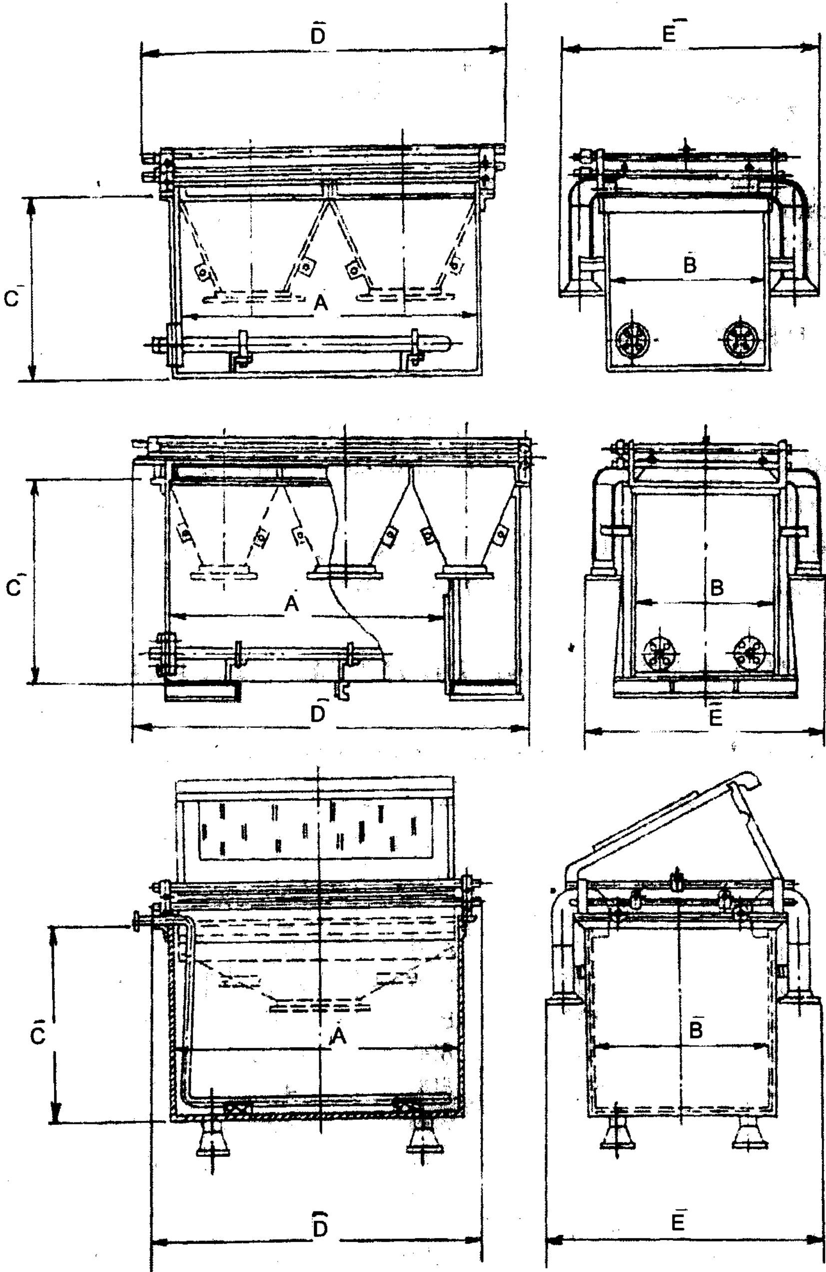
Bảng 15.1. Bể mạ chứa dung dịch xyanua hay kiềm

Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	400	900	600	1000	1010	1080
2	560	1000	800	800	1110	1280
3	760	1200	800	800	1310	1280
4	1440	2000	800	1000	2160	1320
5	1500	1500	800	1400	1660	1330
6	1760	2000	800	1200	2160	1330
7	1920	2000	800	1300	2160	1330
8	2340	1700	800	1800	1860	1330
9	3800	3000	1300	1000	3160	1330
10	4000	6200	1000	800	6360	1530
11	8000	5000	1000	1800	5160	1530
12	9000	5000	1200	1700	5160	1730

Chú thích: A – Chiều dài trong bể; B – Chiều rộng trong bể; C – Chiều cao trong bể; D – Chiều dài ngoài bể kể cả bờ miệng bể; E – Chiều ngang ngoài bể kể cả máng hút gió.

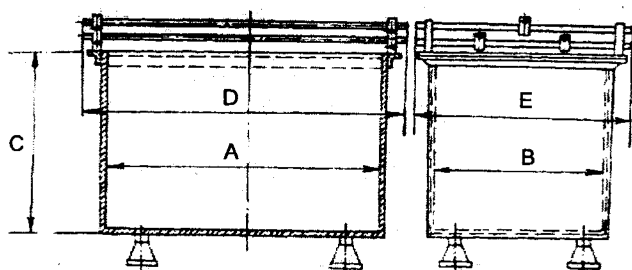
Bảng 15.1 giới thiệu các loại thể tích và kích thước chính của bể mạ chứa dung dịch xyanua hay dung dịch kiềm.

Hình 15.3 giới thiệu các bể thuộc loại này.



Hình 15.3. Các kiểu bể mạ chứa dung dịch xyanua hay kiềm

15.1.2. Bể mạ chứa dung dịch axit không gia nhiệt



Hình 15.4. Bể mạ chứa dung dịch có tính axit, không gia nhiệt

Bảng 15.2. Thể tích và kích thước bể mạ chứa dung dịch axit

Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	157	500	500	600	710	10
2	580	1000	800	800	1110	910
3	700	1200	800	800	1310	910
4	870	1500	800	800	1610	910
5	1160	2000	800	800	2160	960
6	1600	1500	800	1000	2660	960
7	1890	1500	1200	1200	1660	1360
8	3000	2500	900	1200	2660	1060

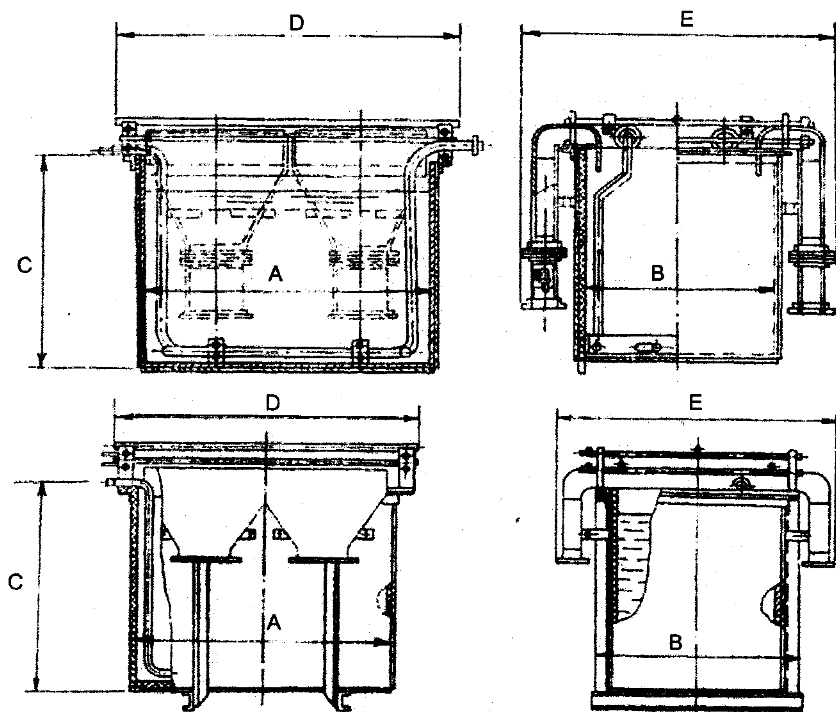
Chú thích: A, B, C, D, E như chú thích ở bảng 15.1.

15.1.3. Bể mạ chứa dung dịch axit có gia nhiệt

Bảng 15.3. Kích thước bể mạ chứa dung dịch axit có đun nóng

Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	580	1000	800	800	1110	1280
2	700	1200	800	800	1310	1280
3	870	1500	800	800	1610	1280
4	1160	2000	800	800	2160	1330
5	1660	2600	800	1000	2660	1330
6	1890	1500	1200	1200	1660	1730
7	3000	2500	900	1200	2660	1430

Chú thích: A, B, C, D, E như chú thích ở bảng 15.1.



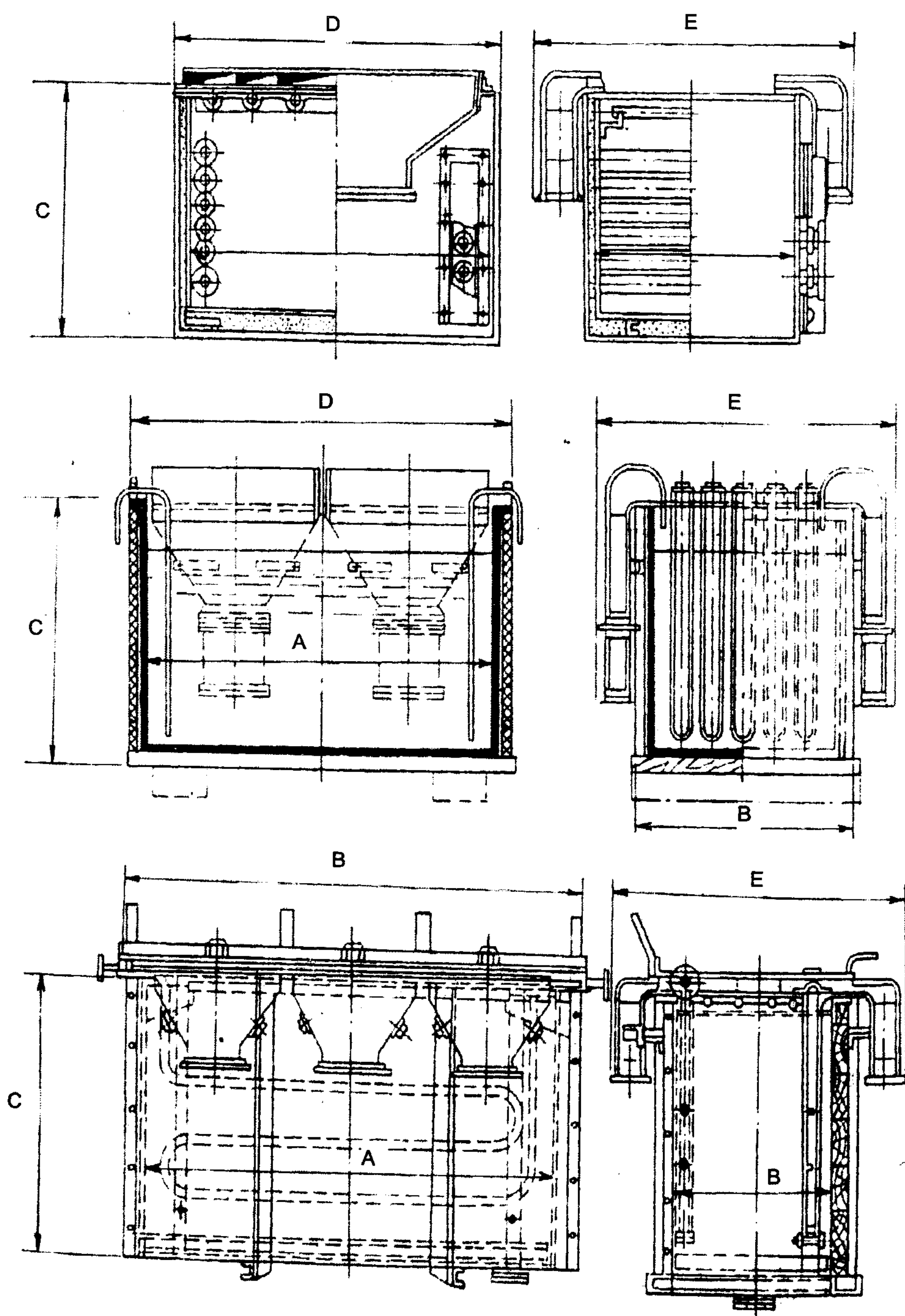
Hình 15.5. Bể mạ chứa dung dịch axit có đun nóng

15.1.4. Bể photphat hóa và oxy hóa

Bảng 15.4. Kích thước bể photphat hóa và oxy hóa

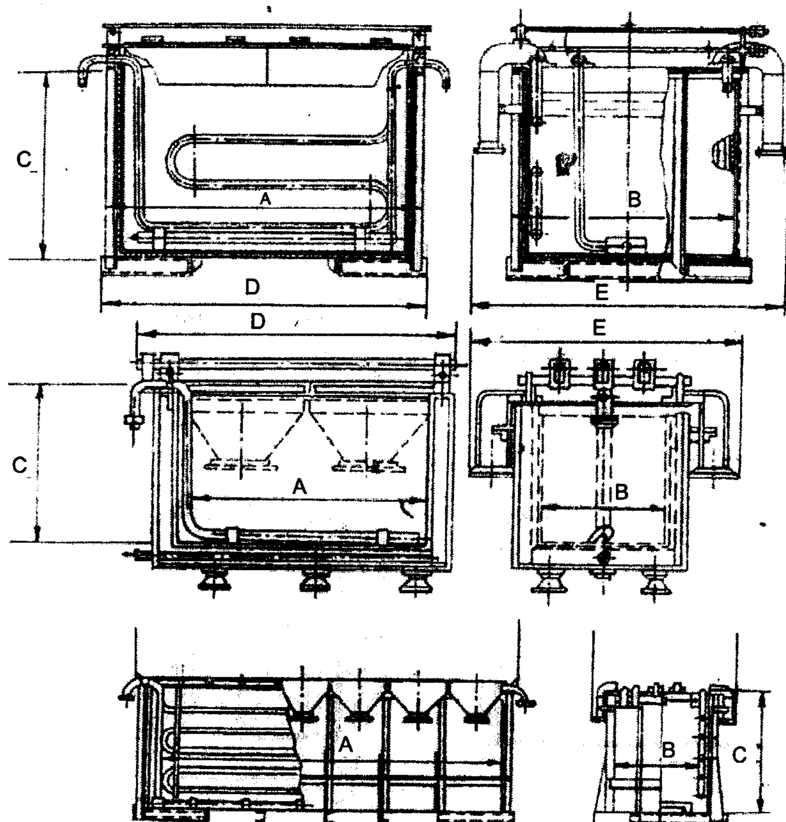
Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	170	600	500	700	750	1030
2	300	800	600	700	860	1130
3	700	1200	800	800	1360	1330
4	870	1500	800	800	1660	1330
5	1040	1800	800	800	2000	1430
6	1160	2000	800	800	2200	1430

Chú thích: A, B, C, D, E như chú thích ở bảng 15.1.



Hình 15.6. Bể photphat hóa và oxy hóa

15.1.5. Bể oxy hóa nhôm trong dung dịch axit



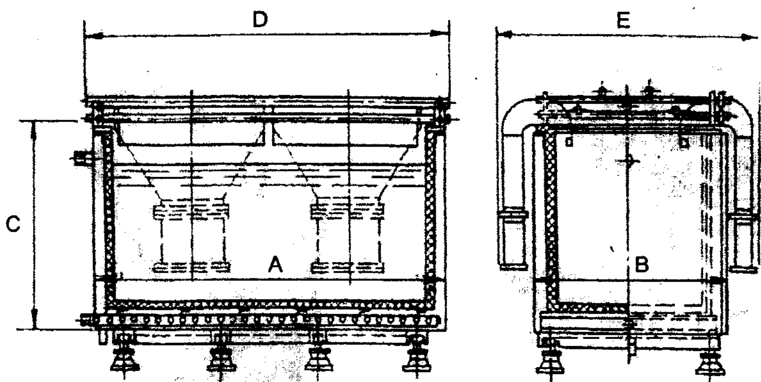
Hình 15.7. Bể oxy hóa nhôm trong dung dịch axit

Bảng 15.5. Kích thước bể oxy hóa nhôm, môi trường axit

Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	560	1000	800	800	1160	1330
2	750	1200	900	1000	1360	1`430
3	1000	1800	900	1000	1900	1430
4	1500	2000	900	1000	2100	1430
5	2400	3000	1000	1000	3190	1630
6	4600	3500	1200	1200	16990	1830
7	8540	4300	1300	1800	4490	1930
8	9600	8000	1300	1200	8190	1930

Chú thích: A, B, C, D, E như chú thích ở bảng 15.1.

15.1.6. Bể mạ crom



Hình 15.8. Bể mạ crom

Bảng 15.5. Thể tích dung dịch và kích thước bể mạ crom

Mã số bể	*Thể tích dung dịch, lít*	*Kích thước chính, mm*				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
1	135	600	500	600	760	1030
2	520	1000	800	800	1160	1330
3	625	1200	800	800	1360	1330
4	780	1500	800	800	1660	1330
5	1040	1500	800	1100	1640	1330
6	1050	2000	800	800	2190	1430
7	1500	2000	900	1000	2190	1630
8	2200	2000	800	1500	2190	1430

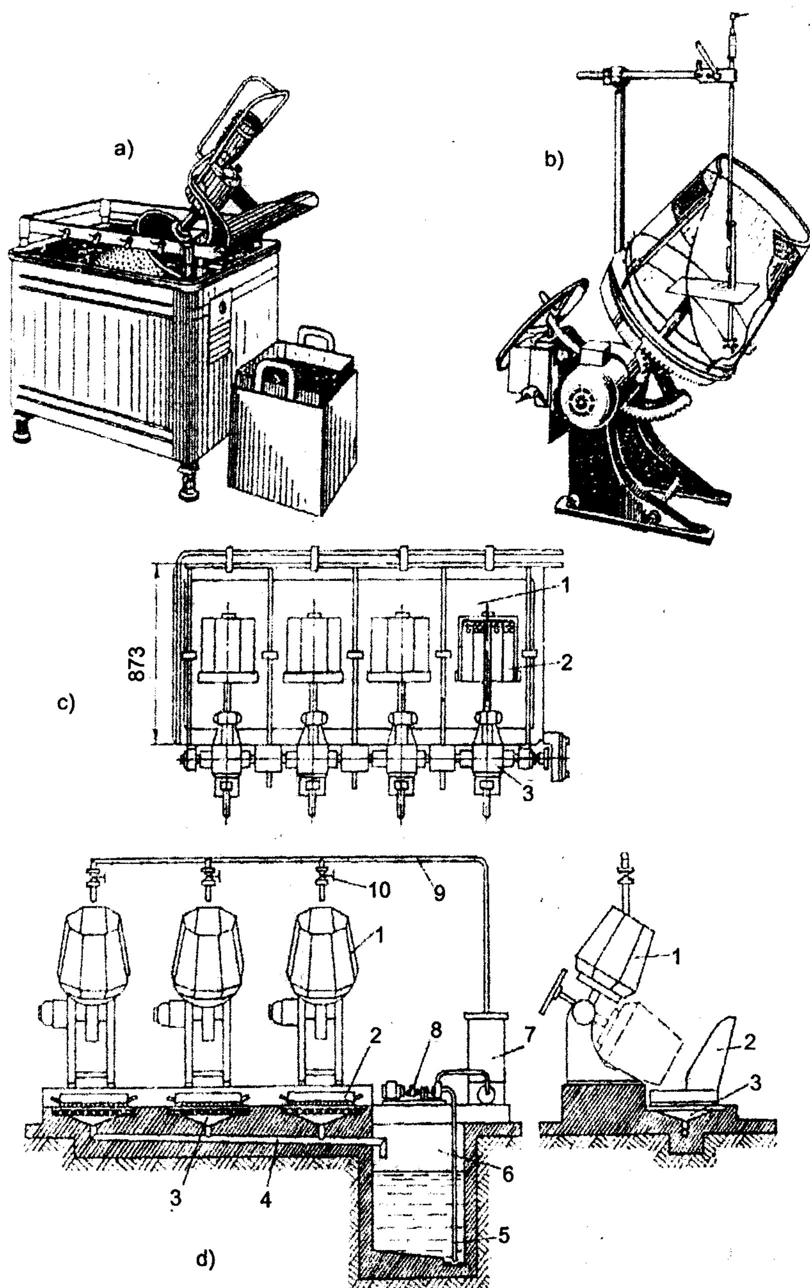
Chú thích: A, B, C, D, E như chú thích ở bảng 15.1.

15.2. CHUÔNG QUAY VÀ TRỐNG QUAY

15.2.1. Chuông quay

Chuông quay để mạ các vật bé: mỗi mẻ mạ đều phải đổ vào chuông vật mạ và dung dịch, đặt anot vào chuông; mạ xong phải lấy anot và đổ vật mạ cùng dung dịch ra hết. Chuông quay thích hợp để mạ cho các vật rất bé, cần điện thế vào anot – catot không cao, nhưng dung tích nhỏ, dung dịch mau nóng và bẩn, cần phải lọc nhiều, tổn thất dung dịch lớn.

Hình 15.9 giới thiệu một vài kiểu chuông quay.



Hình 15.9. Một số kiểu chuông quay

a. Chuông quay trung bình; b.Chuông quay cỡ nhỏ;

c. Thiết bị bốn chuông quay; d. Sơ đồ ba chuông quay và các thiết bị phụ trợ.

1. Chuông quay; 2. Sàng hứng vật đã mạ xong; 3. Lưới và phễu; 4. Ống dẫn dung dịch; 5. Bể chứa dung dịch mạ; 6. Động cơ; 7. Máy lọc; 8. Ống hút dung dịch; 9. Ống cấp dung dịch; 10. Van

Lượng vật mạ (phụ tải) trong mỗi chuông quay 1 – 15 kg.

Dung tích mỗi chuông 3 – 60 lít.

Tốc độ quay của chuông 10 vg/ph.

Công suất động cơ 0,55 W.

Mạ xong dùng tay quay xoay ngược chuông để đổ chi tiết mạ và dung dịch ra sàng hứng, vật mạ nằm lại trên sàng, dung dịch chảy qua sàng tập trung về bể chứa đợi bơm đi lọc và tuần hoàn mạ ở chu kỳ sau.

Tiếp điện catot cho vật mạ nhờ các đầu tiếp bằng kim loại gắn ở đáy chuông và có cơ cấu đặc biệt nối với nguồn điện.

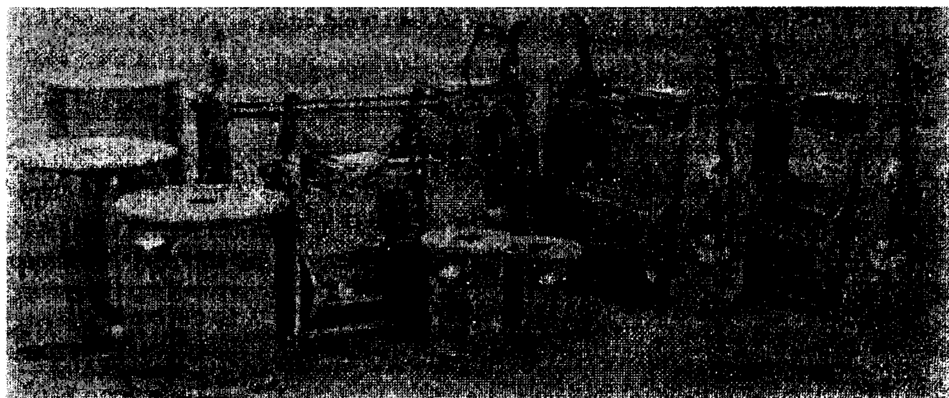
Bảng 15.7 kê các đặc tính kỹ thuật của một số loại chuông quay.

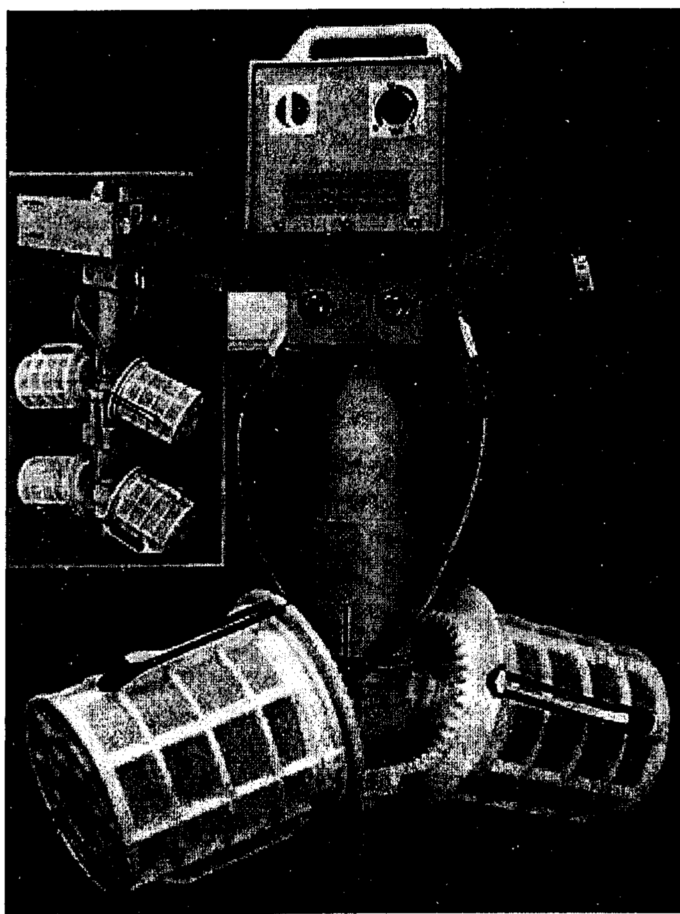
Bảng 15.7. Đặc tính kỹ thuật của chuông quay

Chỉ số kỹ thuật	*Chuông quay*					
	Loại nhỏ, di chuyển được			*Loại to, cố định*		
Đường kính đáy, mm	190	250	200	450	500	600
Đường kính miệng, mm	160	175	200	300	350	400
Chiều cao, mm	190	260	300	450	500	600
Thể tích chuông, lít	5	10	15	50	70	120
Thể tích dung dịch, lít	3	5	8	35 – 40	35 – 40	60 – 70
Thể tích vật mạ chiếm, lít	0,75 – 1	1 – 1,5	1,5 – 2	10	15	15 – 18
Cường độ dòng điện, A	3 – 10	5 – 15	10 – 20	20 – 30	25– 40	50 – 75
Điện thế chuông, V	6 – 8	6 – 8	6 – 8	10 – 12	10 – 12	10 – 12
Tốc độ quay, vg/ph	5 – 15	5 – 15	5 – 15	5 – 15	5 – 10	5 – 10
Công suất động cơ, kW	0,1	0,15	0,15	0,25	0,35	0,5

15.2.2. Trống quay

Vật mạ nạp vào trống quay hình trụ lục giác, bát giác hay trụ tròn làm bằng vật liệu cách điện có khoan nhiều lỗ thủng và gắn thanh tiếp điện catot cho vật mạ; dung dịch và anot đặt riêng trong một bể tĩnh; khi mạ, trống quay chứa vật mạ được nhúng vào bể tĩnh trên, mạ xong vớt trống quay ra để đổ vật đã mạ qua cửa trống (hình 15.10). Việc nâng hạ trống được thực hiện nhờ một động cơ điện. Trống quay không mạ được vật quá bé, vỏ trống quay cách điện lại chắn giữa anot và catot nên điện trở qua dung dịch rất lớn, vì vậy cần cấp điện thế vào bể tương đối cao mới tăng được dòng điện lên theo ý muốn.





Hình 15.10. Một số kiểu trống quay

Bảng 15.8 kê đặc tính kỹ thuật của một số kiểu trống quay.

Bảng 15.8. Tính chất kỹ thuật các trống quay

Chỉ số kỹ thuật	*Trống ngập 0,5 đường kính trong dung dịch*		*Trống nâng chuyển từ bể mạ sang bể rửa*	*Trống quay lục giác ngập chìm trong dung dịch*	
	Lục giác	*Tròn*		*Hai khoang*	*Ba khoang*
Bể tĩnh					
Dài, mm	550	550	900	970	1300
Rộng, mm	600	600	800	550	620
Cao, mm	700	700	800	800	800
Thể tích, lít	150	150	400	250	550
Trống quay					
Đường kính, mm	230	300	500	270	360
Dài, mm	450	450	600	730	1000
Phụ tải tối đa, kg	12	20	40	30	60
Tốc độ quay, vg/ph	10 – 15	10 – 15	8 – 10	8 – 15	5 – 10
Công suất môtơ, kW	0,15	0,15	0,5	0,15	0,25
Cường độ dòng, A	30 – 40	50 – 75	100 – 150	80 – 200	100 – 250
Điện thế bể, V	8 – 10	10 – 12	10 – 12	8 – 12	8 – 12

15.2.3. Mạ trong giỏ, sàng

Các chi tiết bé còn có thể mạ trên sàng hay giỏ nhúng trong bể mạ tĩnh. Sàng hay giỏ làm bằng chất dẻo khoan nhiều lỗ. Tiếp điện catot cho vật mạ bằng dây kim loại gài trong giỏ, sàng. Giỏ lớn mạ được 25 – 40 kg thường được cơ giới hóa việc nâng hạ và lắc giỏ. Tần số lắc 3 – 7 lần/ph, góc lắc 60°, động cơ điện 0,75 – 1 kW. Mật độ dòng điện cho mạ kền 0,5 – 4 A/kg vật mạ, cho mạ kẽm 6 – 10 A/kh vật mạ; điện thế cho mạ kền 4 – 8 V, cho mạ kẽm 6 – 10 V.

15.3. THIẾT BỊ MẠ BÁN TỰ ĐỘNG

Thiết bị bán tự động là một khâu nào đó của quy trình mạ, thường là bể mạ, được tự động hóa: vật gia công liên tục được đưa vào thiết bị, trong hành trình di chuyển từ đầu đến cuối thiết bị thì vật đã gia công xong và được liên tục lấy ra khỏi thiết bị đó để chuyển sang khâu công nghệ tiếp theo. Thiết bị bán tự động thích hợp với xưởng mạ cần năng suất khá cao. Khi vận hành cần phải chuẩn bị, sắp xếp hợp lý để thiết bị làm việc được liên tục suốt trong ngày sản xuất, không bị ngừng lại.

Thiết bị mạ bán tự động có nhiều kiểu dáng và kết cấu khác nhau.

15.3.1. Thiết bị mạ bán tự động kiểu thẳng

Loại này có hai vị trí thao tác tách biệt nhau (hình 15.11): đầu thiết bị mắc khung hay vật cần mạ vào, cuối thiết bị lấy khung hay vật đã mạ ra. Mỗi thiết bị có hai hay bốn cầu catot. Móc treo vật mạ chạy lăn trên cầu được dắt dẫn nhờ các xích chuyển động dọc theo cầu. Tốc độ của xích có thể thay đổi theo ý muốn nhờ một cơ cấu điều chỉnh tốc độ. Thời gian vật mạ chuyển vận trong thiết bị đúng bằng thời gian công nghệ cần thiết phải gia công cho vật mạ trong khâu đó.



Hình 15.11. Thiết bị mạ bán tự động kiểu thẳng

Bảng 15.9 kê các thông số kỹ thuật của một loại thiết bị bán tự động kiểu thẳng.

Bảng 15.9. Thiết bị mạ bán tự động kiểu thẳng

Mã hiệu	*Kích thước trong, m*	*Kích thước ngoài, m*	*Trọng lượng thiết bị, tấn*	*Tốc độ chuyển động, m/ph*	*Kích thước giá treo, m*	*Động cơ kéo*	
						Công suất, kW	*Tốc độ, vg/ph*
T–1	5,7 × 1,1 × 1,9	6,2 × 1,32 × 2,1	3,54	0,15	0,3 × 0,3	0,23	930
T–2	4 × 1,2 × 1,1	4,15 × 1,3 × 1,7	2,2	0,13	0,3 × 0,3	0,52	940
T–3	5,7 × 1,1 × 1,1	5,2 × 1,32 × 2,1	2,42	0,15	0,3 × 0,3	0,22	930
T–4	4,5 × 1 × 1,1	4,7 × 1,63 × 1,3	2,06	0,15	0,3 × 0,3	0,38	930

Sau đây là các thông số kỹ thuật của một số loại thiết bị bán tự động kiểu xích kéo:

Chỉ số kỹ thuật	*Hệ I*	*Hệ II*
Năng suất, m^2/h	40	40
Trọng lượng vật mạ, kg	–	–
Số khung xuất ra, cái	50	–
Nhịp xuất khung, cái/ph	1,2	1,5
Kích thước toàn hệ thống, m	8,5 × 2,8 × 2,3	10 × 2,5 × 2,3
Kích thước khung treo, m	0,45 × 0,6 × 0,12	0,25 × 0,55 × 0,14
Diện tích mạ một khung, dm^2	80	100
Trọng lượng hệ thống, tấn	9	14
Công suất, kW	2,8	4,5
Tổng số khung treo, cái	59	80
Tốc độ di chuyển, mm/s	80	40

Hệ I là thiết bị tự động mạ cho các vật lớn trên khung treo do xích kéo di chuyển.

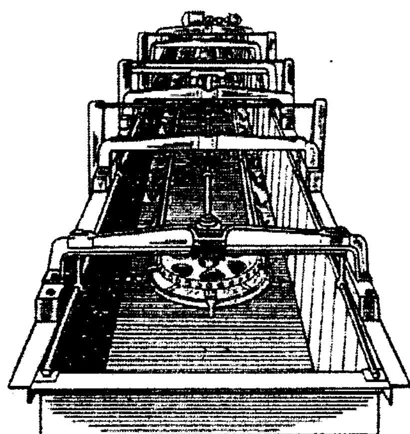
Hệ II là thiết bị tự động để oxy hóa kim loại trên khung treo di chuyển do xích kéo.

15.3.2. Thiết bị mạ bán tự động kiểu ovan

Vật đã mạ lấy ra đến đâu liền treo ngay vật cần mạ vào đến đó, tức chỉ có một chỗ thao tác tháo lắp cho bể mạ (hình 15.12).

Bể kết cấu vững chắc, phía trên lắp đặt cơ cấu vòng xích chuyển động tuần hoàn của hệ thống catot. Tốc độ di chuyển của vật mạ có thể thay đổi được trong giới hạn 0,2 – 1 m/ph nhờ động cơ, hộp số và xích dẫn. Tính năng kỹ thuật của một loại thiệt bị mạ bán tự động kiểu ovan như sau:

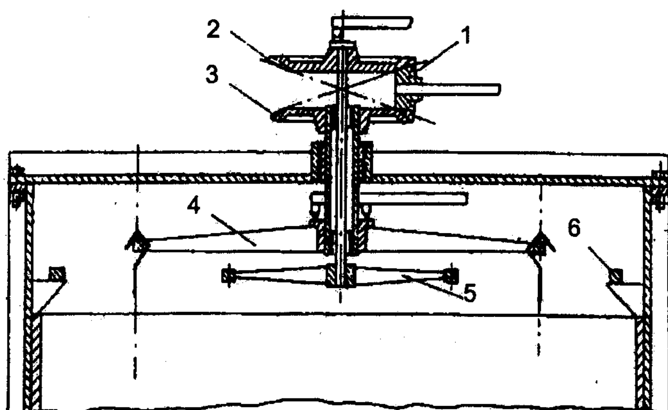
Kích thước trong, m	4,95 × 1,2 × 1
Kích thước ngoài, m	5,1 × 1,4 × 1,4
Trọng lượng thiết bị, tấn	2,9
Bước treo khung, m	0,38
Tốc độ di chuyển, m/ph	0,43
Kích thước khung treo, m	0,3 × 0,6 × 0,15
Công suất động cơ, kW	0,8



Hình 15.12. Thiết bị mạ bán tự động kiểu ovan

15.3.3. Thiết bị mạ bán tự động kiểu tròn

Một chỗ thao tác tháo lắp vật cần mạ và vật đã mạ. Thích hợp cho thời gian công nghệ (thời gian mạ) ngắn. Hình 15.13 là sơ đồ một kiểu thiết bị này: hệ bánh răng *1,2,3* đảm bảo cho vòng catot *4* và vòng anot trong *5* chuyển động tròn ngược chiều nhau với tốc độ 1 vg/ph. Đường kính vòng catot: 1 m. Vòng anot ngoài *6* đặt cố định, sát thành bể.



Hình 15.13. Thiết bị mạ bán tự động kiểu tròn

15.4. THIẾT BỊ MẠ TỰ ĐỘNG

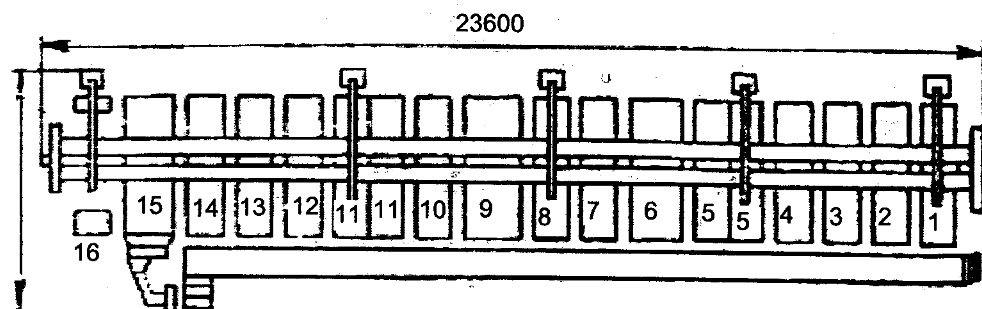
Thiết bị mạ tự động là toàn bộ quy trình mạ từ tẩy rửa ban đầu đến khâu mạ, di chuyển từ bể này sang bể khác... đến khâu hoàn chỉnh cuối cùng đều được cơ giới hóa, tự động hóa, làm việc liên hoàn theo một chương trình định sẵn cho từng loạt sản phẩm. Công nhân chỉ việc đưa phôi (đã mài nhẵn, bóng) vào đầu hệ thống tự động rồi lấy thành phẩm ra ở cuối hệ thống tự động.

Thiết bị mạ tự động thích hợp cho xưởng cần năng suất rất cao. Nó cho phép sử dụng ít công nhân, diện tích nhà xưởng nhỏ, chất lượng mạ đồng đều, nhưng đầu tư vốn và kỹ thuật lớn.

Có rất nhiều loại thiết bị mạ tự động và ngày càng xuất hiện nhiều kiểu thiết bị tối tân, hiện đại. Sau đây là một số loại thiết bị tự mạ tự động có tính chất kinh điển.

15.4.1. Hệ thống mạ tự động kiểu thẳng

Nguyên lý chung: các bể tẩy, rửa, mạ, trung hòa, hoàn thiện, sấy... sắp xếp thành dãy thẳng nối tiếp nhau theo thứ tự của quy trình công nghệ. Các anot treo cố định trên thành bể và được nối điện với nguồn một chiều như thông lệ. Vật cần mạ (catot) được lần lượt đưa vào bể đầu, bể thứ hai... đến bể cuối cùng của hệ thống nhờ một cơ cấu riêng có thể tiến, lùi, nâng, hạ để di chuyển vật cần gia công. Cơ cấu di chuyển chuyên dụng này có thể là hệ thống palăng tự động treo cao, có thể là các bộ tự hành chạy trên giá đỡ riêng và hoạt động theo một chương trình định sẵn do máy tính điều khiển... đưa vật mạ lên, xuống, tiến, lùi, dừng, chờ... để thực hiện nhiệm vụ công nghệ quy định (hình 15.14 A, B, C và D).

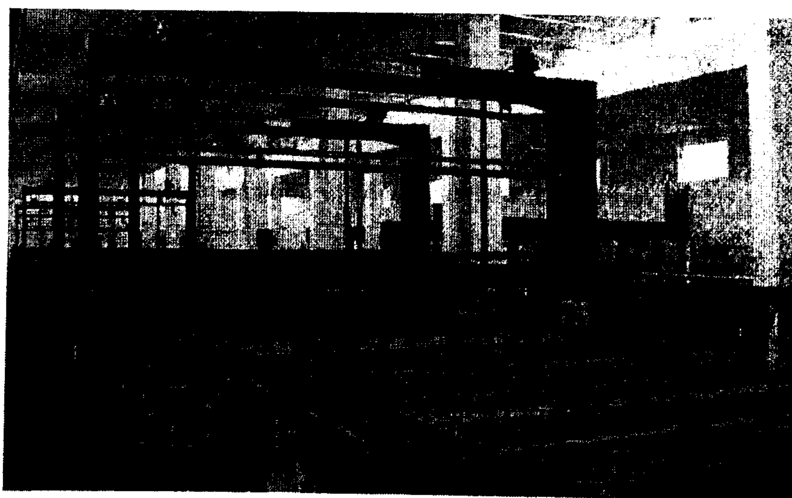


Hình 15.14A. Sơ đồ bố trí các bể mạ trong hệ thống mạ kẽm tự động kiểu thẳng

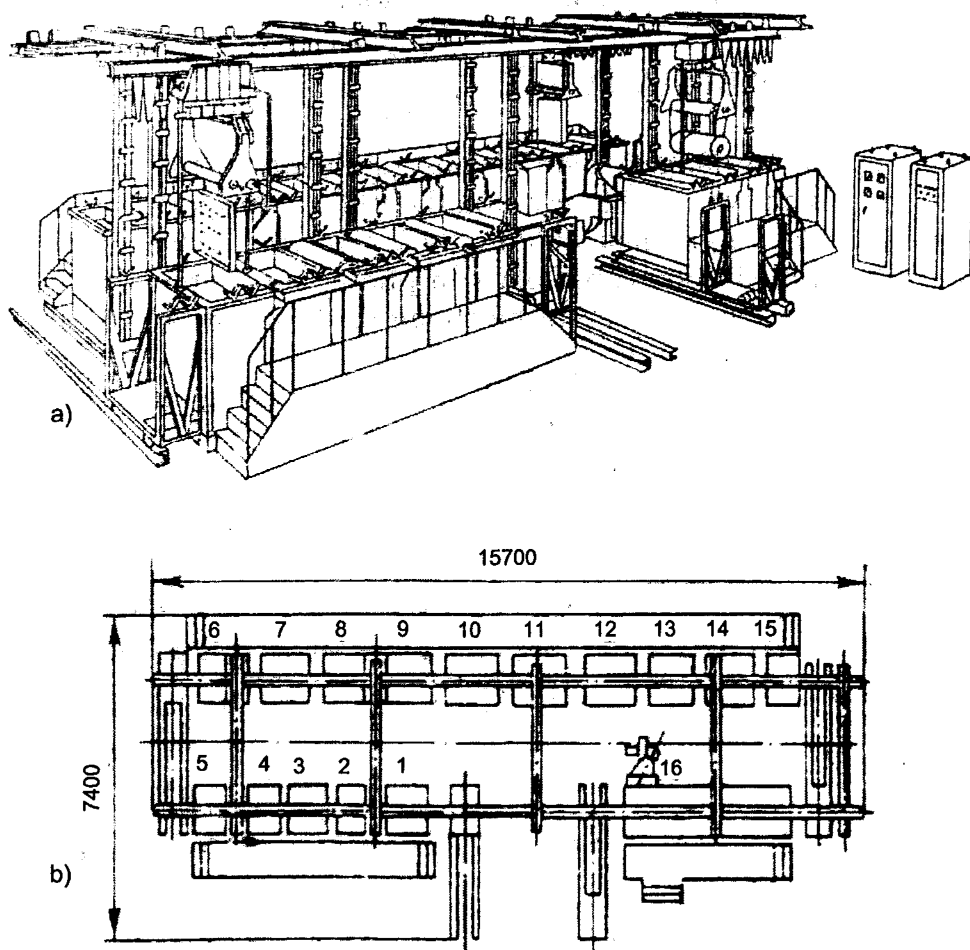
1. Bể tẩy dầu hóa học; 2, 7, 14. Bể rửa nóng; 3, 5, 8, 11, 13. Bể rửa lạnh;

4. Bóc mùn anot; 9. Bể mạ kẽm; 10. Bể rửa thu hồi; 12. Bể tẩy sáng và thụ động;

15. Tủ sấy; 16. Chỗ tháo, lắp khung.



Hình 15.14B. Hệ thống mạ tự động kiểu thẳng với bộ tự hành



Hình 15.14C. Hệ thống mạ tự động kiểu thẳng cho các trống quay

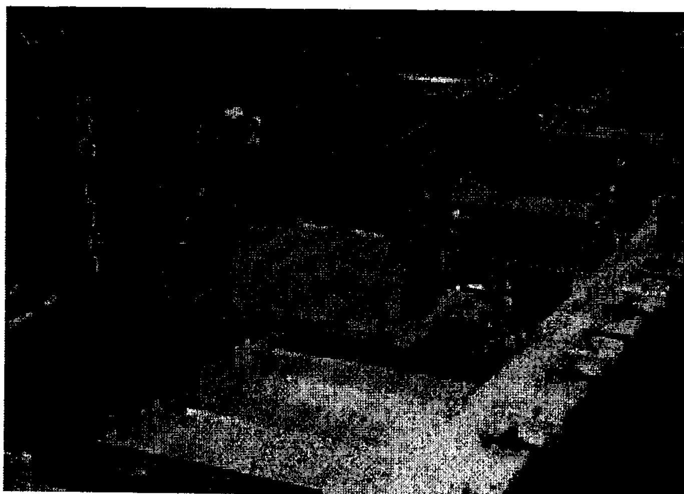
a. Hình vẽ phối cảnh; b. Sơ đồ bố trí các bể trong hệ thống.

1. Tẩy dầu hóa học; 2, 5, 15. Bể rửa nóng; 3. Tẩy dầu catot; 4. Tẩy dầu anot;

6, 8, 12, 14. Rửa nước lạnh; 7. Hoạt hóa; 9. Bể mạ kẽm trống quay;

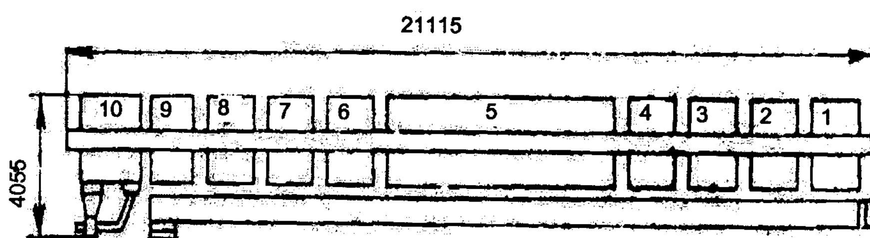
10. Bể mạ kẽm treo; 11. Bể rửa thu hồi; 13. Bể cromat hóa; 16. Tủ sấy.

Các bể điện phân được nối điện với nguồn đến các gối đỡ catot hay cầu catot, vật gia công khi di chuyển luôn được ngắt khỏi nguồn điện một chiều. Hình 15.14D là ảnh chụp hệ thống mạ kiểu thẳng cho các trống quay.



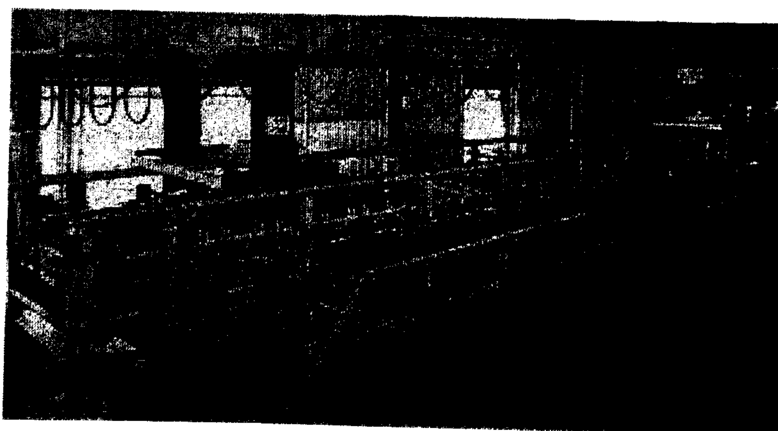
Hình 15.14D. Dây chuyền tự động kiểu thẳng mạ trống quay

Hình 15.15 giới thiệu cách bố trí các bể trong hệ thống mạ tự động kiểu thẳng.



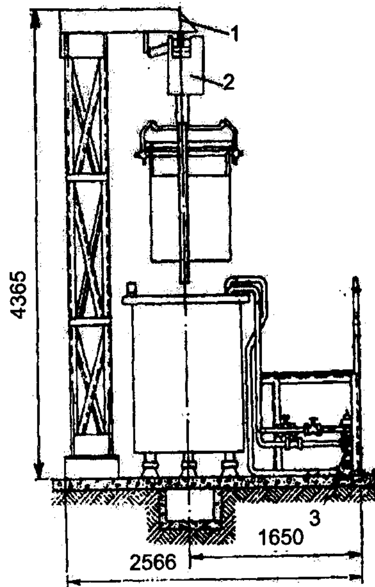
Hình 15.15A. Sơ đồ hệ thống mạ crom tự động kiểu thẳng

1. Bể tẩy dầu điện hóa; 2. Bể rửa ấm; 3. Bể hoạt hóa; 4, 7. Bể rửa lạnh; 5. Bể mạ crom; 6, 9. Bể rửa thu hồi nóng; 8. Bể trung hòa; 10. Tủ sấy.



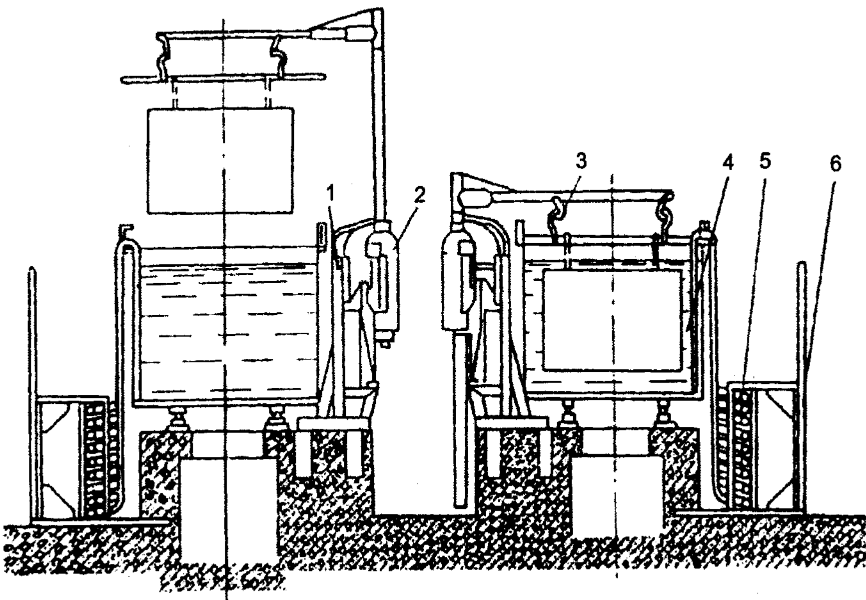
Hình 15.15B. Dây chuyền tự động mạ kẽm kiểu thẳng với bộ tự hành

Hình 15.16 A, B, C trình bày một số cơ cấu di chuyển (tiến, lùi, nâng, hạ, dừng, chờ) vật gia công trong hệ thống thiết bị mạ tự động:

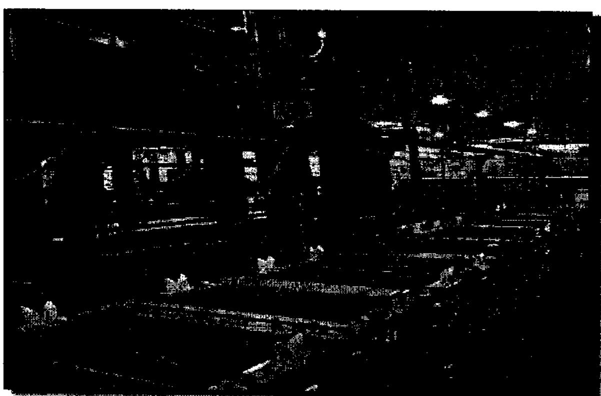


Hình 15.16A. Cơ cấu di chuyển vật gia công trong hệ tự động

1. Giá đỡ hình chữ L ngược; 2. Bộ tự hành; 3. Ống phân phối.



Hình 15.16B. Cơ cấu di chuyển kiểu palăng tự hành



Hình 15.16C. Cơ cấu di chuyển vật gia công trong hệ thống mạ tự động thẳng

Sau đây là các thông số kỹ thuật chính của một vài loại thiết bị tự động trên:

– Hệ thống tự động kiểu thẳng tự hành:

Năng suất, m^2/h	2 – 50
Nhịp xuất khung hay trống quay	6
Lực nâng tải của bộ tự hành, N	2450 – 4900
Tốc độ di chuyển ngang, m/ph	18
Tốc độ nâng hạ, m/ph	8
Chiều cao nâng, mm	1200; 1500
Số cầu catot	1 hoặc 2
Khoảng cách giữa các cầu catot, mm	2 × 450
Kích thước khung treo, mm: dài	800; 500
cao	900; 1300; 2000; 2800
Trọng lượng tối đa trong trống quay, kg	35

– Tính năng kỹ thuật hệ tự động kiểu thẳng tự hành mạ treo và mạ quay:

Loại có năng suất, m^2/h	15	6	20	25 – 30
Nhịp xuất hàng, ph	8	20	10 – 11	7
Kích thước khung treo, m: dài	2	2	1,3	1,3
rộng	0,15	0,15	0,3	0,3
cao	1,1	1,1	0,8	0,8
Phụ tải mạ theo m^2	2	3	3,6	3 – 3,5
Phụ tải mạ theo kg	20	30	70	30 – 35
Kích thước hệ thống, m: dài	18,7	28,16	19,85	21,77
rộng	3,67	2,92	2,8	2,91
cao	5,16	4,07	4,28	4,07
Trọng lượng hệ thống, tấn	26,9	28	17,49	19,96

– Tính năng kỹ thuật hệ tự động kiểu thẳng có bộ tự hành H 980:

Năng suất, m^2/h:

Mạ trên khung treo	20 – 25.
Mạ trong trống quay	30 – 35.

Lực nâng tải của bộ tự hành, N980.

Trọng lượng vật mạ trong trống, kg 20.

Kích thước trong của bể, mm:

Loại I	1500 × 1000 × 1200
Loại II	1100 × 1000 × 1200
Loại III	1100 × 550 × 900

Kích thước khung treo, mm:

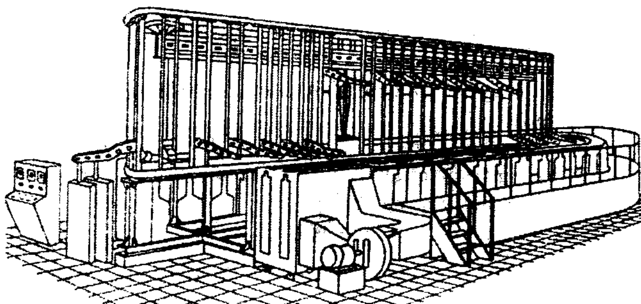
Loại I	1200 × 800
Loại II	800 × 800
Loại III	800 × 500

Diện tích tải trên các khung (m^2) trong một bể:

Loại	I	II	III
Các bể điện phân	2,0	1,2	0,6
Các bể xử lý hóa học	4,0	2,5	1,2
Mạ crom trang sức	1,2	0,7	0,3
Mạ crom cứng	0,5	0,3	0,15
Diện tích tải (m^2) trong trống quay tại các bể điện phân	4,0	4,0	3,0

15.4.2. Hệ thống mạ tự động kiểu ovan

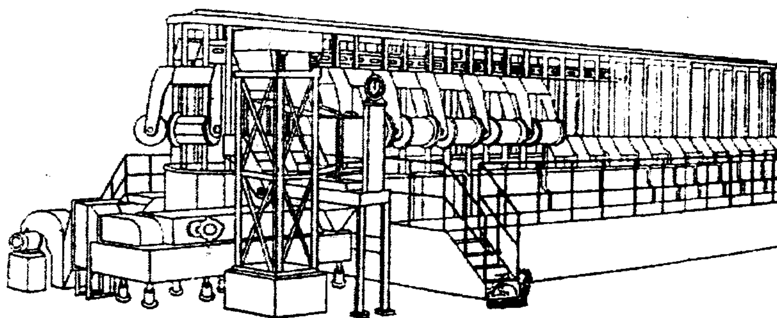
Các bể xếp thành dãy theo thứ tự của quy trình công nghệ thành hình ovan hay hình chữ U. Cơ cấu di chuyển vật mạ được lắp tại dàn khung phía trên hay bên cạnh các bể. Vật cần mạ được hạ xuống bể, chạy từ đầu bể đến cuối bể và được nâng lên để chuyển sang bể bên cạnh. Tốc độ chuyển động ngang không thay đổi nên chiều dài bể (dọc theo chiều dài của hệ) phải tính toán sao cho thời gian vật lưu trong bể đúng bằng thời gian công nghệ của bể ấy (tức thời gian cần gia công trong bể ấy). Để nâng hạ khung treo vật mạ, khi chuyển bể có bộ phận chuyển hướng di động và thanh trượt. Hình 15.17 giới thiệu một loại hệ thống tự động kiểu ovan mạ trên khung treo. Hình 15.18 giới thiệu một loại hệ thống tự động kiểu ovan mạ trong trống quay.



Hình 15.17. Hệ thống tự động kiểu ovan mạ trên khung treo

Tính năng kỹ thuật của một loại hệ thống tự động mạ trên khung treo như sau:

Năng suất, m^2/h	15 – 80
Nhịp xuất khung, ph	1 – 2,5
Số dãy catot	1 – 2
Khoảng các giữa các dãy catot, mm	2 × 450
Kích thước khung treo, mm:	
Bé nhất	400 × 600
Lớn nhất	600 × 1100
Lực nâng tối đa của thanh trượt, N	784
Bước khung, mm	500; 700
Tốc độ di chuyển khung, m/ph:	
Nằm ngang	8 – 10
Thẳng đứng	7 – 9
Kích thước hệ thống, m	13 × 6 × 4 và 30 × 6 × 4,5
Trọng lượng hệ thống, tấn	18 – 45
Chỉnh lưu silic	12/6 – 3000; 12/6 – 1500 và 12/ 6 – 600
Chỉnh lưu selen	12/6 – 1000/2000; 12/6 – 600/1200 và 12/6 – 300/600

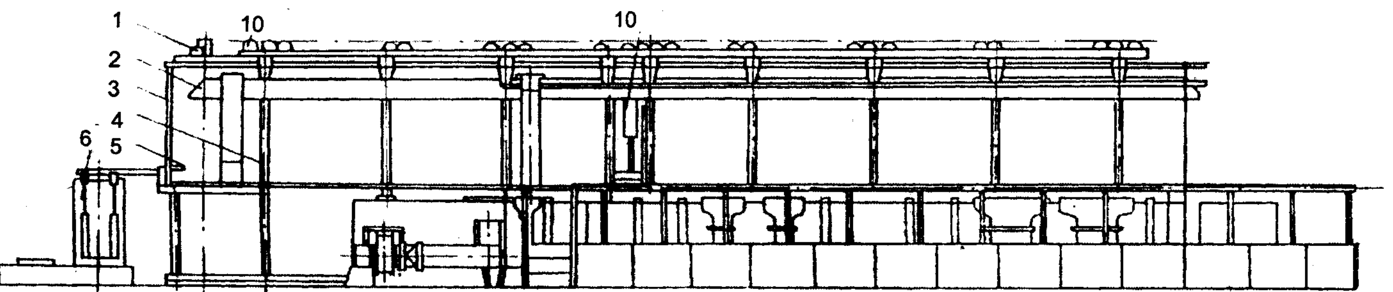


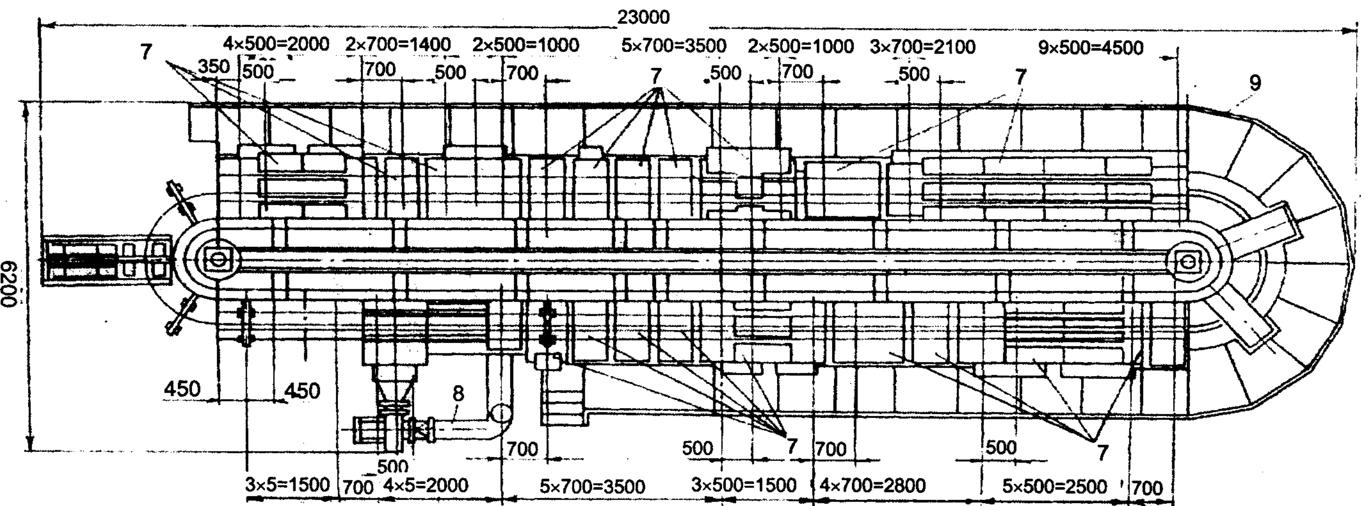
Hình 15.18. Hệ thống tự động kiểu ovan mạ trong trống quay

Hình 15.19 trình bày sơ đồ mẫu hệ thống tự động kiểu ovan mạ crom bảo vệ – trang sức trên khung treo.

15.4.3. Hệ thống tự động kiểu ovan mạ trong chuông quay

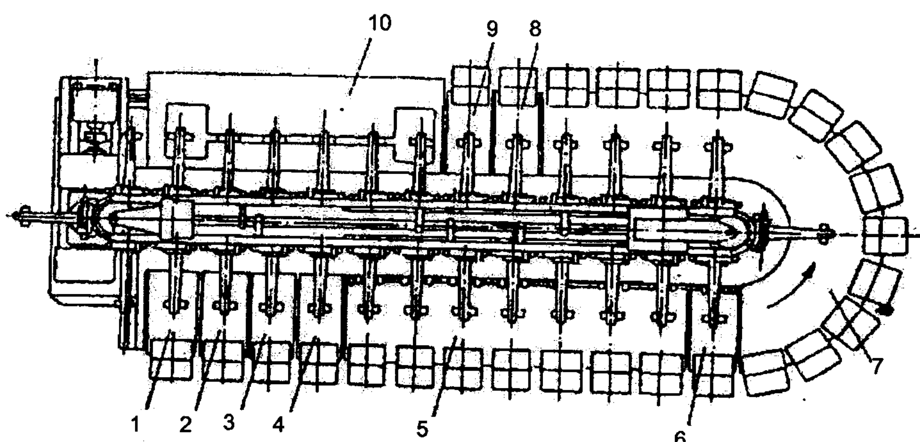
Hình 15.20 vẽ sơ đồ hệ thống tự động kiểu ovan mạ kền trong chuông quay. Dãy chuông quay cách đều nhau, di chuyển từng bước gián đoạn nhưng vẫn quay liên tục, chuông chỉ nâng lên cao tại những chỗ cần chuyển sang bể khác. Chiều dài bể tính toán xuất phát từ thời gian công nghệ, thời gian và chiều dài của một bước di chuyển.





Hình 15.19. Sơ đồ hệ thống tự động kiểu ovan mạ crom bảo vệ – trang sức trên khung treo

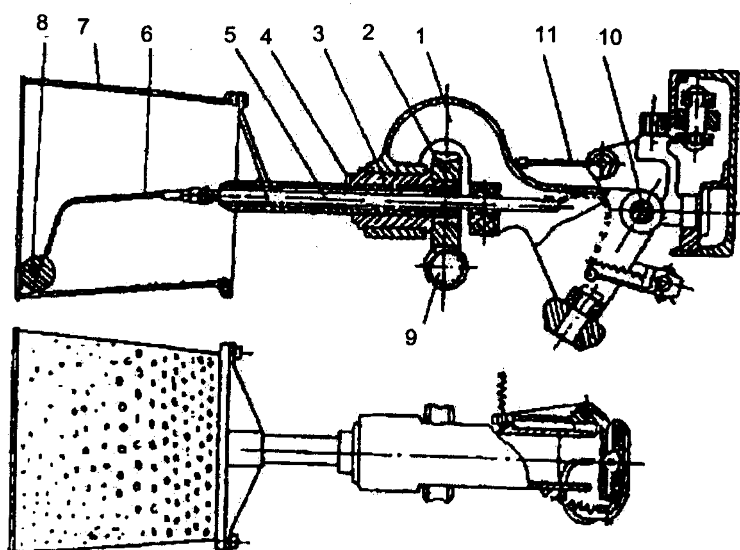
1. Cơ cấu chuyển động ngang; 2. Cầu thao tác; 3. Ray dẫn hướng; 4. Khung thép; 5. Thanh trượt; 6. Tuyến truyền tải; 7. Các bể; 8. Máy sấy; 9. Điện tích làm việc; 10. Bộ nâng hạ.



Hình 15.20. Hệ thống tự động mạ kền bằng chuông quay

1. Bể tẩy gỉ catot; 2. Bể tẩy gỉ anot; 3. Rửa nóng; 4. Rửa lạnh; 5. Mạ kền mờ hay bán bóng; 6. Rửa nóng; 7. Mạ kền bóng; 8. Rửa lạnh; 9. Trung hòa; 10. Sấy.

Kết cấu chuông quay và cánh nâng được trình bày trong hình 15.21A.

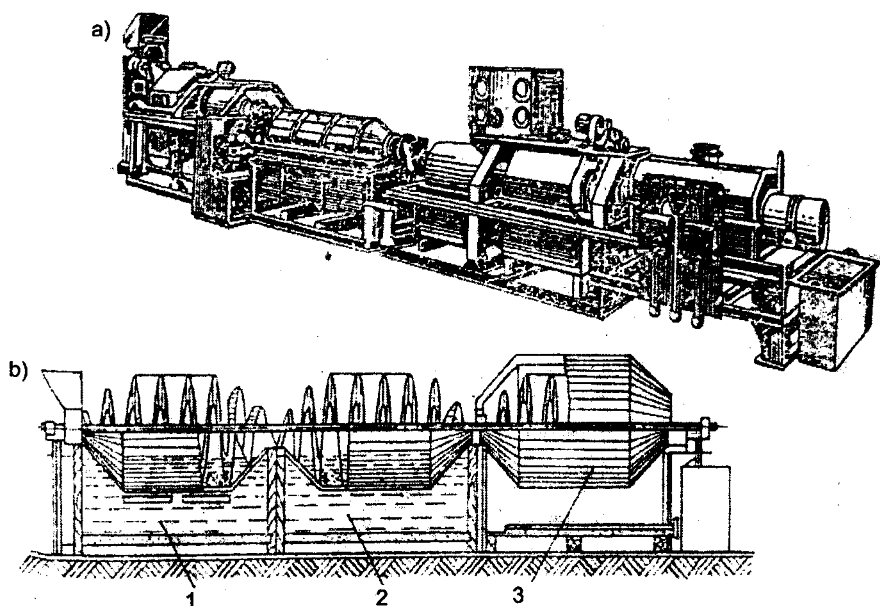


Hình 15.21A. Chuông quay và cánh nâng chuông

1. Tay nâng; 2. Bánh răng; 3. Ô bạc; 4. Chốt; 5. Thanh dẫn catot; 6. Dây dẫn mềm; 7. Thành chuông; 8. Đầu catot; 9. Vít vô tận; 10. Trục; 11. Khóa.



Hình 15.21B. Dây chuyền tự động kiểu ovan mạ bảo vệ – trang sức



Hình 15.22. Thiết bị mạ guồng xoắn

1. Bể mạ hay photphat hóa; 2. Bể rửa; 3. Sấy.

Tính năng kỹ thuật của một số hệ thống tự động kiểu ovan mạ trong chuông quay như sau:

Chỉ số kỹ thuật	Kiểu I	Kiểu II	Kiểu III	Kiểu IV
Số lượng chuông quay	28	1 – 5	4	–
Số lượng khung treo	–	–	24	28
Phụ tải mạ một chuông, kg	1,2	–	1,2	–
Diện tích mạ một chuông, dm^2	30	20	30	–
Trong lượng một khung, kg	–	–	4	4
Diện tích mạ một khung, dm^2	–	–	30	–
Năng suất, dm^2/h	250	–	600	500

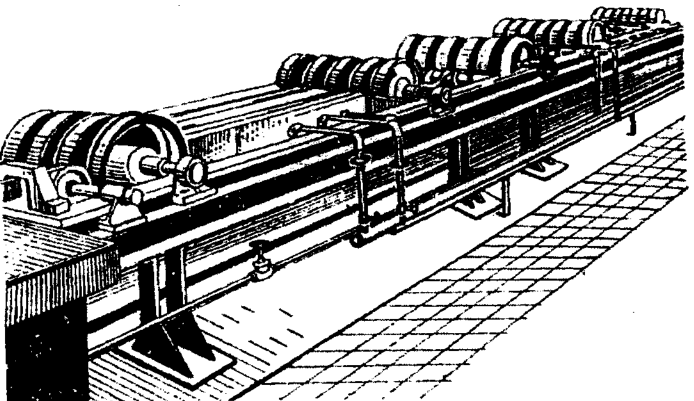
Để mạ một lớp đơn, photphat hóa... cho vật bé còn dùng loại thiết bị tự động guồng xoắn (hình 15.22). Vật gia công được chuyển từ bể này sang bể khác nhờ vít vô tận.

15.4.4. Thiết bị tự động mạ băng, dây liên tục

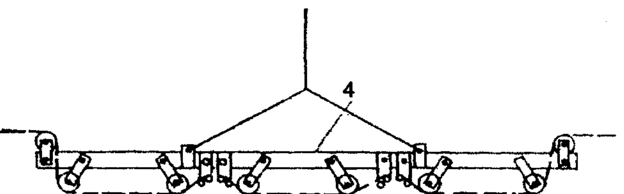
Băng kim loại, dây kim loại được tẩy, rửa, hoạt hóa, mạ, hoàn chỉnh, sấy... liên tục trong cùng một thiết bị tự động. Bảng 15.10 giới thiệu các chỉ số kỹ thuật chính mạ kẽm tự động cho băng và dây. Hình 15.23 trình bày thiết bị tự động mạ dây. Hình15.24 trình bày thiết bị tự động oxy hóa dây nhôm.

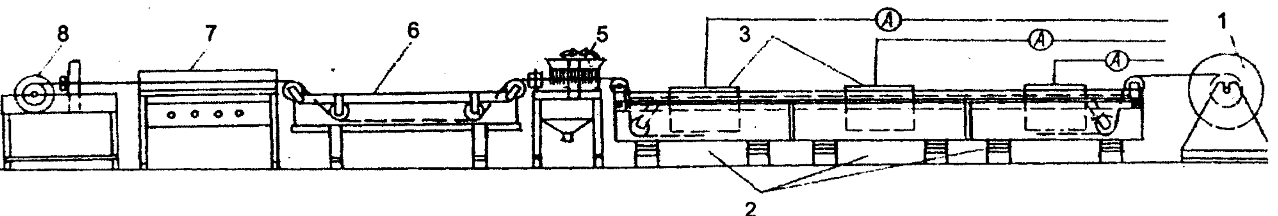
Bảng 15.10. Thiết bị tự động mạ kẽm cho dây và băng trong dung dịch axit

Đường kính dây, mm	*Kích thước thiết bị, m*	*Tổng số bể*	*Kích thước trong bể mạ, m*	*Trọng lượng, tấn*	*Tốc độ chuyển động, m/ph*	*Số dây trong bể*	*Năng suất, tấn/năm*
0,3 – 0,8	18,5 × 2,0 × 1,2	10	7 × 1,7 × 0,4	9,6	14 – 47,7	20	500
1 – 3	20,1 × 2,1 × 1,2	9	10 × 1,7 × 0,4	13,1	7 – 35	20	4000
3 – 5	25,0 × 2,1 × 1,2	9	12 × 1,7 × 0,5	13,6	3,27 – 5,22	16	4500
5 – 8	26,0 × 1,6 × 1,1	9	12,1 × 1,23 × 0,5	12,1	4,18 – 5,56	10	6700
Tiết diện băng 10 × 0,5 đến 40 × 1,5	19,7 × 0,6 × 1,1	10	8 × 0,55 × 0,4	4,2	1,65 – 6,52	4	–



Hình 15.23. Thiết bị tự động mạ dây đặt nằm ngang trong bể





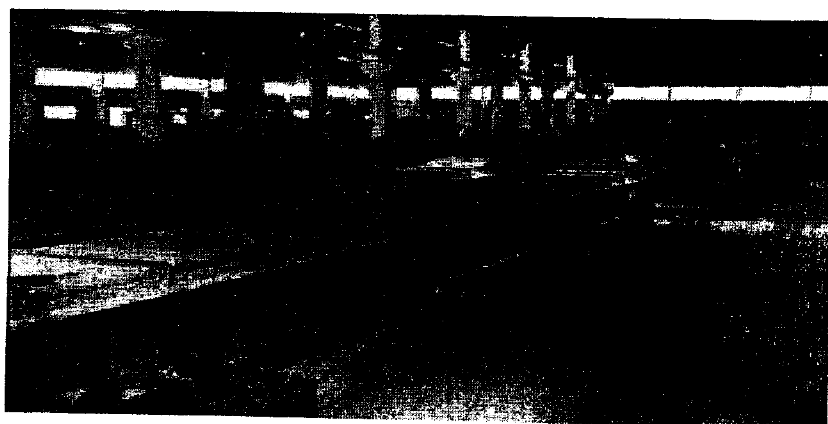
Hình 15.24. Thiết bị tự động oxy hóa dây nhôm

1. Trống nhả dây; 2. Bể oxy hóa; 3. Cấp điện; 4. Giá hướng dẫn;

5. Hương sen; 6. Bể rửa nóng; 7. Tủ sấy; 8. Trống cuốn dây.



Hình 15.25. Hệ thống thiết bị mạ kẽm liên tục cho dây thép



Hình 15.26. Phân xưởng mạ dây liên tục

Chương 16
DỤNG CỤ GÁ LẮP VẬT MẠ VÀ THIẾT BỊ PHỤ

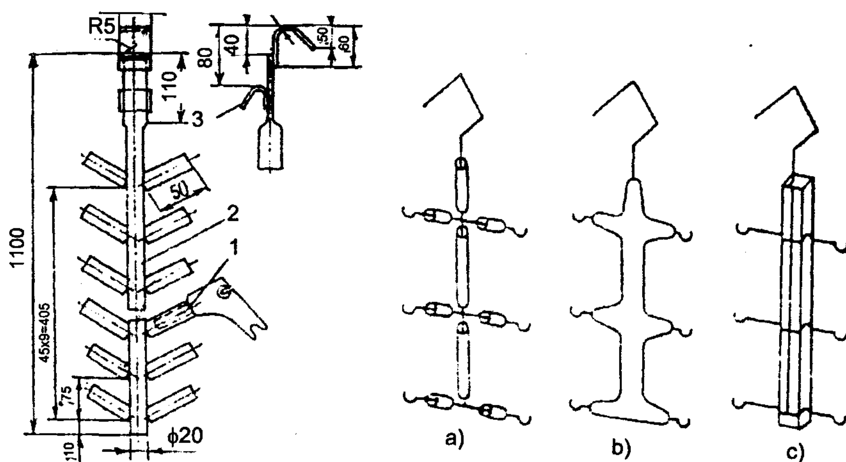
16.1. DỤNG CỤ GÁ LẮP VẬT GIA CÔNG

Giỏ dùng để đựng vật nhỏ gia công trong các bể tẩy, rửa... trước khi mạ (hình 16.1). Giỏ tẩy rửa trong kiềm làm bằng sắt thép; giỏ tẩy rửa trong môi trường axit phải làm bằng nhựa, monel metal, thép chịu axit...



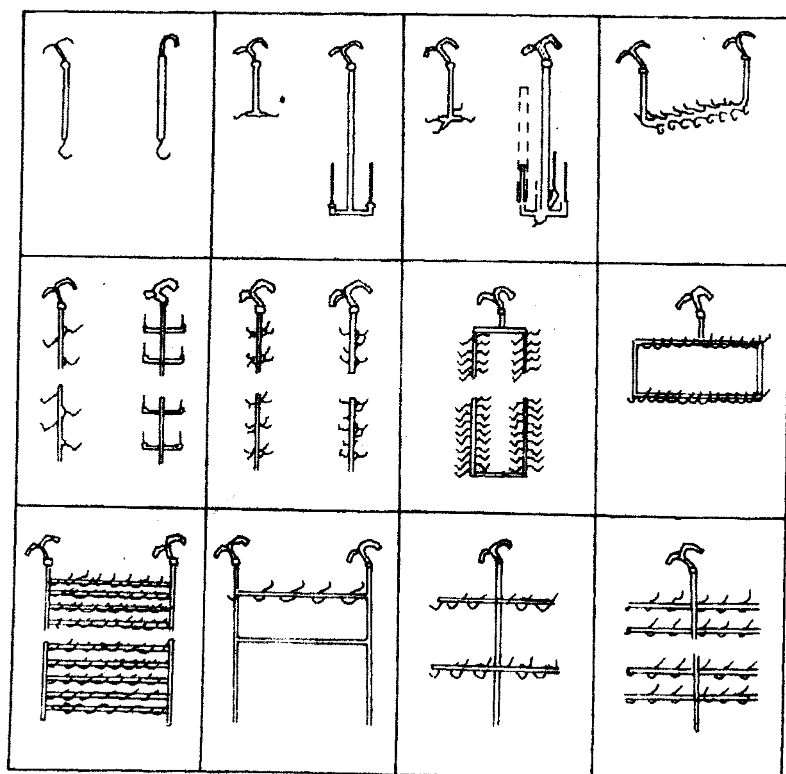
Hình 16.1. Các loại giỏ dùng để tẩy rửa các vật bé

Móc, giá, khung treo dùng để treo các vật cần gia công trong các bể điện phân như tẩy điện hóa, mạ... (hình 16.2 và 16.3). Thiết kế hay chọn khung treo, giá treo hay móc treo phải căn cứ vào kích thước, hình dáng, số lượng vật mạ. Mật độ vật mạ trên khung phải căn cứ vào khả năng phân bố và khả năng mạ sâu của dung dịch.

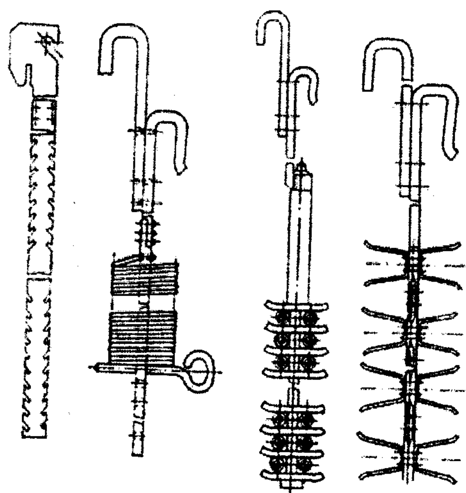


Hình 16.2. Móc treo vật mạ

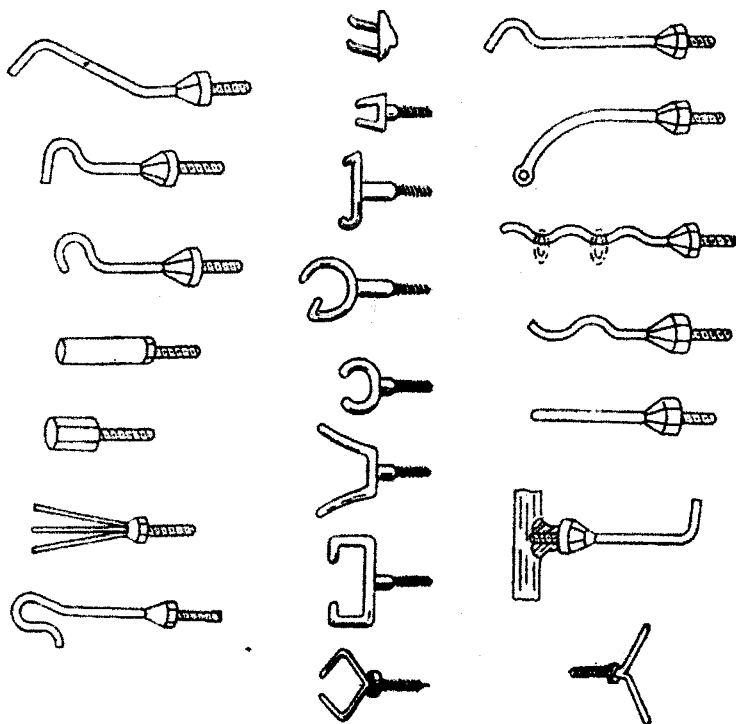
1. Không cách điện; 2. Sơn nhúng chất cách điện; 3. Hộp nhựa cách điện.



Hình 16.3. Một số giá treo, khung treo các vật mạ khác nhau



Hình 16.4. Móc treo, giá treo dùng trong anot hóa



Hình 16.5. Một số kiểu móc tiếp điện vặn chặt vào thân giá, khung để gá vật mạ

Móc treo để anot hóa cần gá thật chặt, tiếp điện thật tốt vì khi anot hóa có thể bị ăn mòn hay sinh màng cách điện (hình 16.4).

Hình 16.5 giới thiệu một số kiểu móc vặn chặt vào thân giá, thân khung để tiếp điện cho từng vật mạ. Khi cần thiết có thể tháo ra để thay các móc này.

16.2. DỤNG CỤ GÁ LẮP ANOT

Anot có thể là kim loại hòa tan hay không tan.

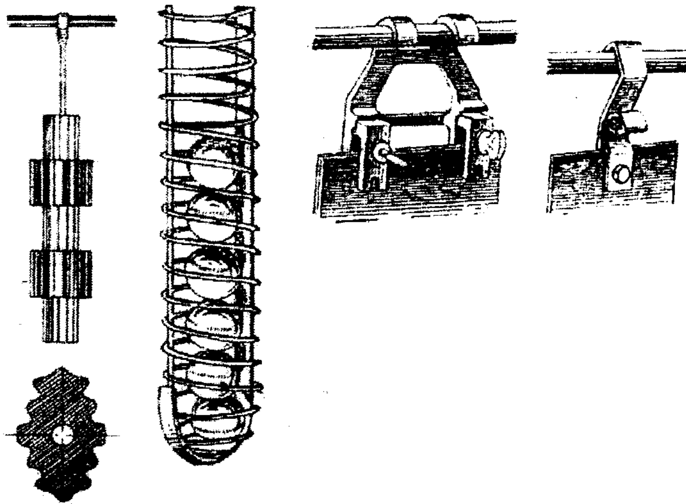
Anot tan có dạng tấm, thỏi, ôvan, bi, dạng đồng xu, khuy áo, mảnh nhỏ...

Loại anot to dùng các kiểu móc treo bằng đồng gá trực tiếp từng anot lên cầu anot.

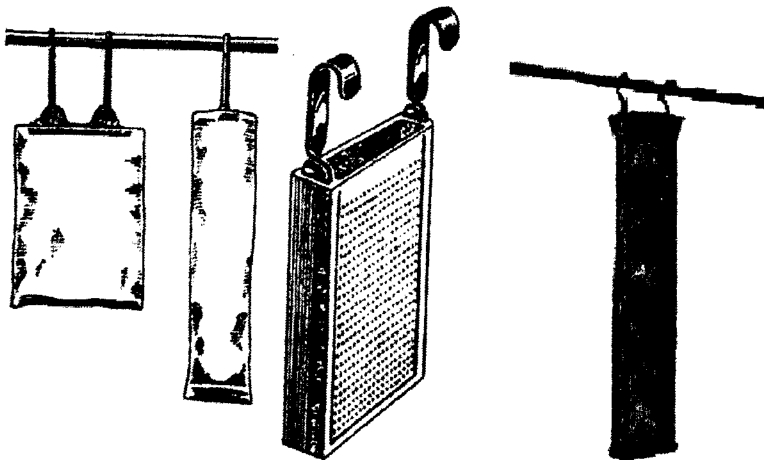
Loại anot nhỏ dùng giỏ, hộp, lồng... (bằng vật liệu dẫn điện nhưng không tan, thường là titan) đựng đầy anot rồi treo lên cầu anot.

Các hình 16.6 và 16.7 là một vài ví dụ về cách gá lắp anot. Không để các móc treo ngập vào dung dịch.

Anot hòa tan thường sinh mùn cặn, vì vậy thường phải bao anot bằng các túi vải bền hóa chất để dung dịch không bị vẩn đục.



Hình 16.6. Các kiểu gá lắp anot



Hình 16.7. Bao anot và hộp đựng anot

16.3. CÁC CƠ CẤU TIẾP DẪN ĐIỆN CHO BỂ MẠ

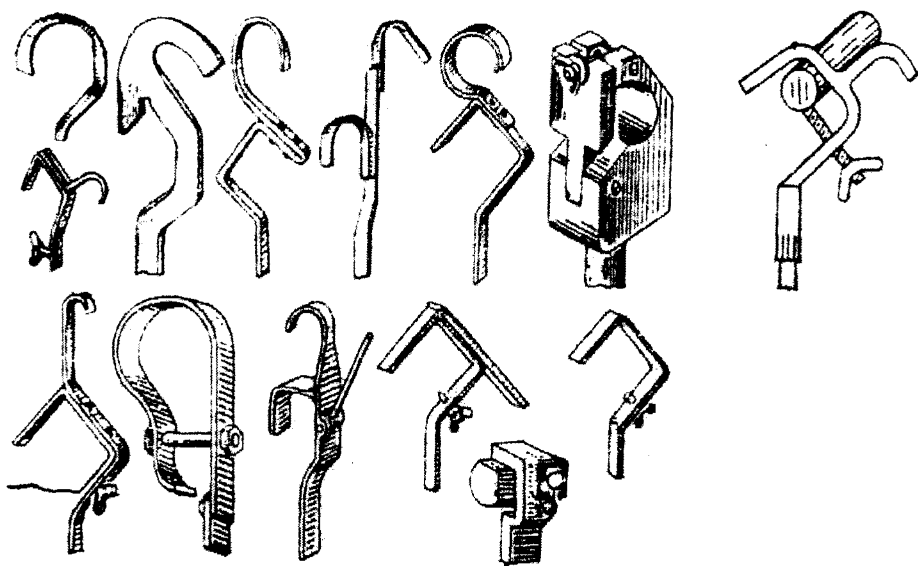
Điện một chiều cấp cho bể mạ thường có cường độ dòng điện rất lớn nhưng điện thế lại rất thấp, để thông được dòng điện và để tránh tổn thất cần phải tiếp điện thật tốt và phải giữ các tiếp điểm luôn sạch sẽ. Hình 16.8 giới thiệu cách ghép nối anot với móc treo nó; hình 16.9 giới thiệu các kiểu cấu tạo đầu móc treo, giá treo, khung treo mắc lên cầu dẫn điện trên bể mạ. Diện tiếp xúc của các tiếp điểm phải đủ lớn, vì mỗi 1 mm^2 tiếp điểm chỉ cho phép tải qua 0,05 – 0,1 A và điện thế rơi tại các tiếp điểm chỉ được phép tối đa là 10 – 12 mV.

Hình 16.8. Các dạng tiếp điện giữa móc treo và anot

1. Móc treo; 2. Anot.

Dòng điện càng lớn, tiết diện vật liệu làm dây dẫn, móc, giá, khung treo phải càng lớn. Đối với vật liệu bằng đồng, mỗi 1 mm^2 tiết diện chỉ được phép tải 1,4 – 2 A; hoặc chọn theo số liệu sau:

Vật liệu	*Đường kính, mm*	*Tải liên tục, A*	*Tải gián đoạn, A*
Đồng thau	4,5	25	35
	6	60	85
	8	100	140
Đồng đỏ	10	210	280
	14	350	500
	20	600	800



Hình 16.9. Các kiểu đầu móc treo, giá treo, khung treo tiếp điện với cầu

Dây dẫn điện một chiều trong xưởng mạ từ nguồn đến bể có thể dùng loại dây cứng trần hoặc dây mềm cách điện nhưng tiết diện đều phải đủ lớn theo quy định trên. Các điểm nối dây phải đặt dây chồng lên nhau hoặc có thanh ốp lên hai đầu dây đủ lớn và phải bắt chặt bằng bulông sao cho điện thế rơi tại mối nối chỉ tương đương với điện thế rơi trên 0,5 m dây dẫn ấy. Muốn vậy phải vặn chặt bulông đạt lực ép tại mối nối 49 MPa (5 kg/mm^2), mật độ dòng điện qua mối nối chỉ trong giới hạn 0,2 – 0,5 A/mm^2, khi tải đủ điện, nhiệt độ tại mối nối hầu như không cao hơn tại dây dẫn.

Trong một số trường hợp có thể dùng thép làm dây dẫn, móc treo, giá treo... như trong mạ sắt, mạ vàng... Lúc ấy căn cứ vào cường độ dòng điện cần tải mà chọn tiết diện cho phù hợp theo hướng dẫn sau:

Tiết diện mm^2	Dòng điện tải tối đa, A
45	85
75	138
160	242
250	335
360	445
480	570
600	700
800	750
1000	900

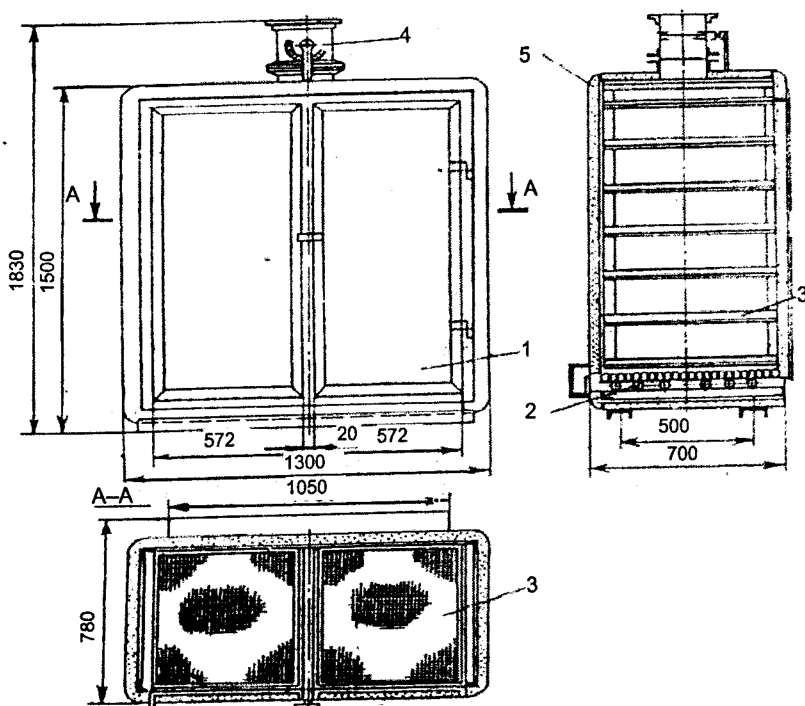
Để kim loại mạ không bám lên thân móc, giá, khung treo, nên phủ kín chúng bằng sơn đặc chủng, cao su, chất dẻo, ebonit... hoặc hạn chế bằng cách che khuất nhờ các hộp chất dẻo. Tất cả các vật liệu này phải bền trong môi trường dung dịch, bền nhiệt và không mang theo dung dịch ra ngoài, dễ rửa sạch.

16.4. THIẾT BỊ SẤY

Để làm khô vật đã gia công trong xưởng, mạ xong cần phải sấy. Thiết bị sấy thường là tủ sấy điện, máy sấy ly tâm, thổi khô bằng khí nén, tẩm bằng mạt cưa khô, cát khô...

Tủ sấy đun nóng bằng điện

Có nhiều kiểu loại và kích cỡ khác nhau. Hình 16.10 giới thiệu một loại thường dùng trong xưởng mạ lớn: bộ phận đun nóng bằng điện đặt ở đáy tủ, nóc tủ đặt ống thoát có van tiết lưu.



Hình 16.10. Tủ sấy đun nóng bằng điện

1. Thân tủ; 2. Bộ đun điện; 3. Ngăn sấy; 4. Ống xả có van tiết lưu; 5. Cách nhiệt.

Tính năng kỹ thuật chính của loại tủ sấy này:

Năng suất sấy 150 – 180 kg/h.

Thời gian sấy 20 ph.



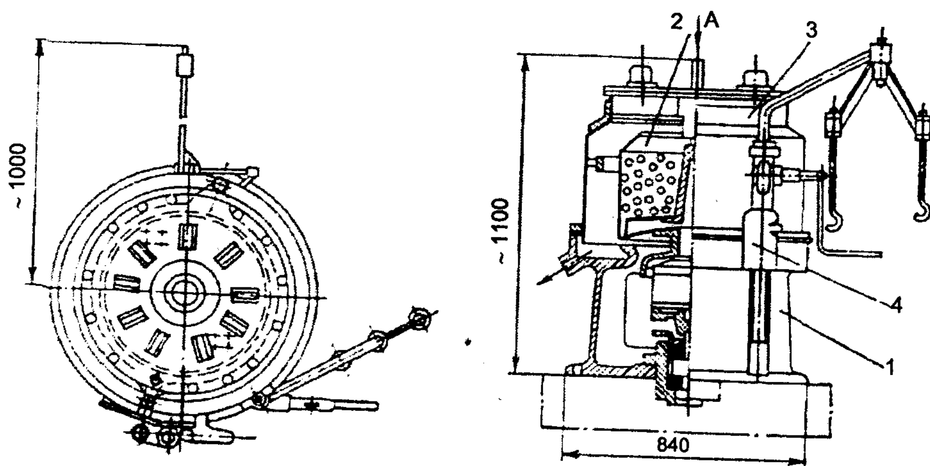
Hình 16.11. Tủ sấy điện tại cuối dây chuyền mạ

Nhiệt độ sấy	100 – 110°C
Công suất mỗi bộ đun	2 kW
Tổng công suất tủ sấy	12 kW
Thời gian đun nóng tủ lúc đầu	10 ph
Kích thước tủ	1300 × 700 × 1830 mm

Hình 16.11 là các tủ sấy điện lắp đặt tại cuối dây chuyền mạ tự động kiểu thẳng.

Máy sấy ly tâm

Loại này dùng để sấy các vật bé, gồm các phần chính: bệ máy mang lồng quay ly tâm ở trong và bộ nâng hạ ở ngoài, nắp máy mang bộ đun điện hoặc có lỗ dẫn không khí nóng vào để sấy; nước và hơi nước theo rãnh thoát ra ngoài.



Hình 16.12A. Máy sấy ly tâm

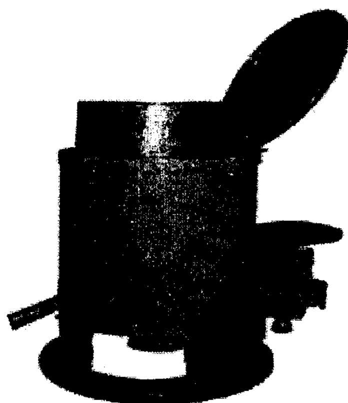
1. Bệ máy; 2. Lồng quay; 3. Nắp máy; 4. Bộ nâng hạ.

Tính năng kỹ thuật của một loại máy sấy ly tâm:

Công suất động cơ	2,8 kW
Tốc độ quay	1450 vg/ph
Dung tích lồng quay	45 lít
Phụ tải	90 kg
Kích thước	1400 × 1080 × 910 mm

Loại bé có kích thước: chiều cao 1100 mm, đường kính 840 mm, sấy được 10 kg/mẻ, công suất đun nóng 1,9 kW, thời gian sấy 5 ph.

Hình 16.12B giới thiệu một số loại máy sấy ly tâm thương phẩm.



a



b

Hình 16.12B. Một số loại máy sấy ly tâm

a. Làm khô ly tâm; b. Sấy nóng ly tâm.

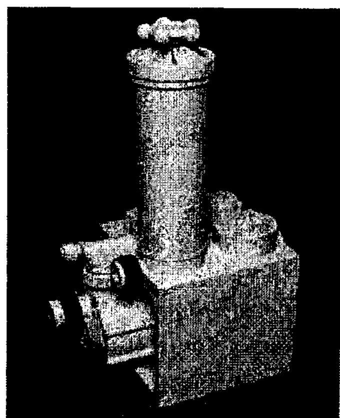
16.5. THIẾT BỊ BƠM – LỌC

Thiết bị bơm lọc là tối cần thiết đối với một xưởng mạ. Các dung dịch phải lọc định kỳ để loại bỏ các tạp chất. Nhiều dung dịch mạ còn đòi hỏi lọc liên tục suốt trong quá trình mạ.

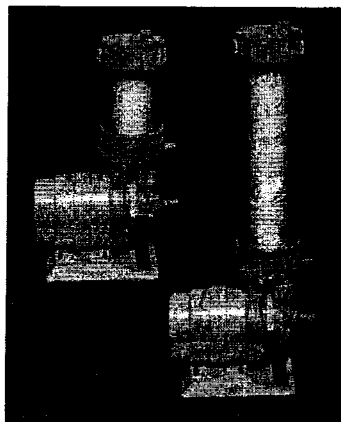
Bơm có nhiều kiểu loại và hình dạng khác nhau, vật liệu làm bơm phải bền hóa, không bị ăn mòn khi tiếp xúc với các dung dịch dùng trong xưởng mạ, thường bằng chất dẻo (PP, FA, PA, PVDF, ETFE...), thép không gỉ, hợp kim hastelloy... Năng suất bơm có các loại 50 l/ph, 120 l/ph, 250 l/ph, 500 l/ph, 900 l/ph...

Máy lọc cũng phải làm bằng vật liệu bền hóa và thường ghép bộ với bơm (hình 16.13).

Sau đây xin giới thiệu một số máy bơm lọc hiện đại và các chỉ tiêu kỹ thuật của một số loại thông dụng.



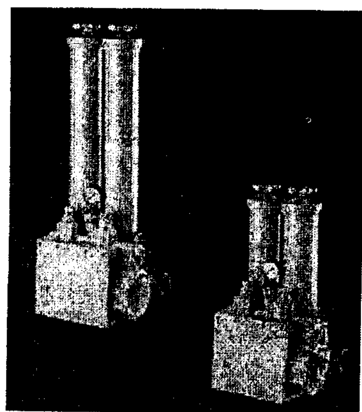
a



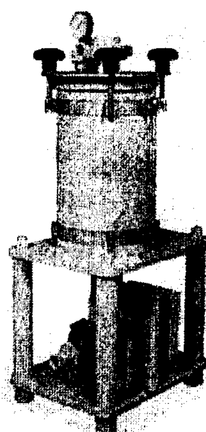
b



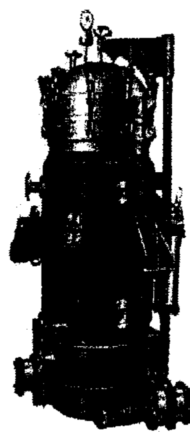
c



d



e



f

Hình 16.13. Một số kiểu bơm lọc dung dịch

a. Máy bơm lọc ly tâm; b. Máy bơm lọc đơn (trong suốt); c. Bơm lọc đo chuyển; d. Máy bơm lọc kép; e. Bơm lọc dung dịch crom; f. Máy bơm lọc hoàn toàn tự động.

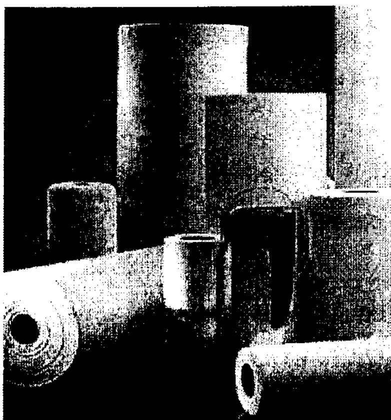
Các chỉ tiêu kỹ thuật máy bơm lọc kiểu a, b, d ở hình 16.13 của hãng Schloetter được giới thiệu trong bảng sau đây:

Máy lọc	*Máy bơm*	*Thể tích bể, lít*	*Năng suất lọc, l/h*	*Diện tích lọc, m^2*	*Số pha điện*
MC4	M7	10 – 40	350		1
MC10	M7	10 – 70	375		1
MC15	M15	70 – 100	1200		1&3
MC15	M15	100 – 150	1800		1&3

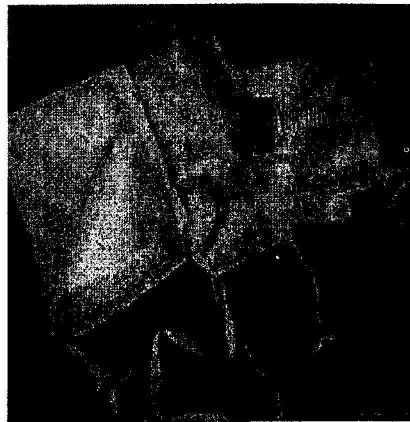
MC15	M35	100 – 200	2500		1&3
MC15	M50	100 – 200	4000		1&3
MC15	M35	200 – 500	2500		1&3
MC15	M50	200 – 500	4000		1&3
L20	M15	100 – 300	1500	0,50	1&3
L20	M35	100 – 600	2500	0,50	1&3
L30	M15	100 – 300	1500	0,75	1&3
L30	M35	400 – 800	2500	0,75	1&3
L30	M50	400 – 800	4500	0,75	1&3
L50	M15	100 – 300	1500	1,50	1&3
L50	M35	100 – 600	2500	1,50	1&3
L50	M50	400 – 800	4500	1,50	1&3
L50	M15	100 – 400	1500		1&3
L50	M35	100 – 600	2500		1&3
L50	M50	400 – 800	4500		1&3

Túi lọc rất đơn giản, bằng vải dày polypropylen hay visco (lỗ lọc từ 5 – 100 μm) lắp trong thân máy là ống trụ bằng thép không gỉ hay polypropylen (hình 16.14). Lưu lượng lọc từ 5 đến 35 m^3/h tùy từng cỡ.

Vật liệu lọc có nhiều loại, dưới đây là một số loại thông dụng.



a

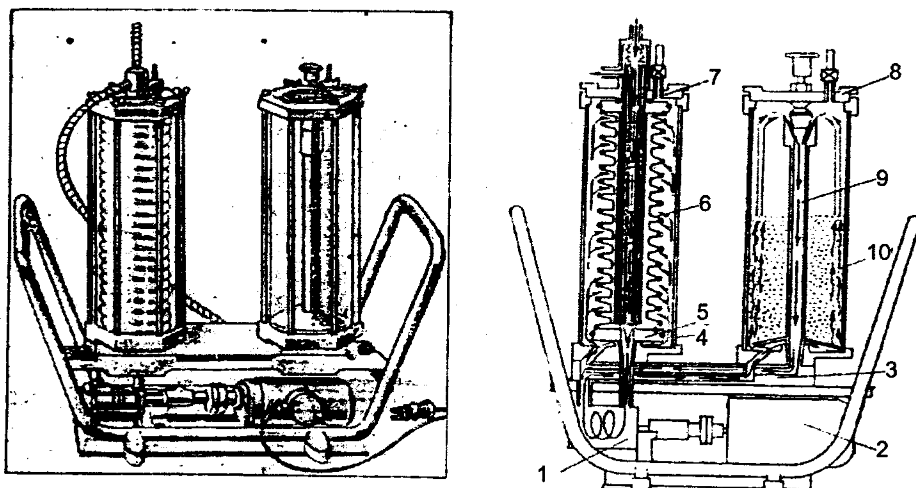


b

Hình 16.14. Các vật liệu lọc

a. Ống lọc tẩm than hoạt tính; b. Túi lọc.

Máy lọc di chuyển dùng lọc cho các bể nhỏ, cho độ sạch cao (hình 16.15).



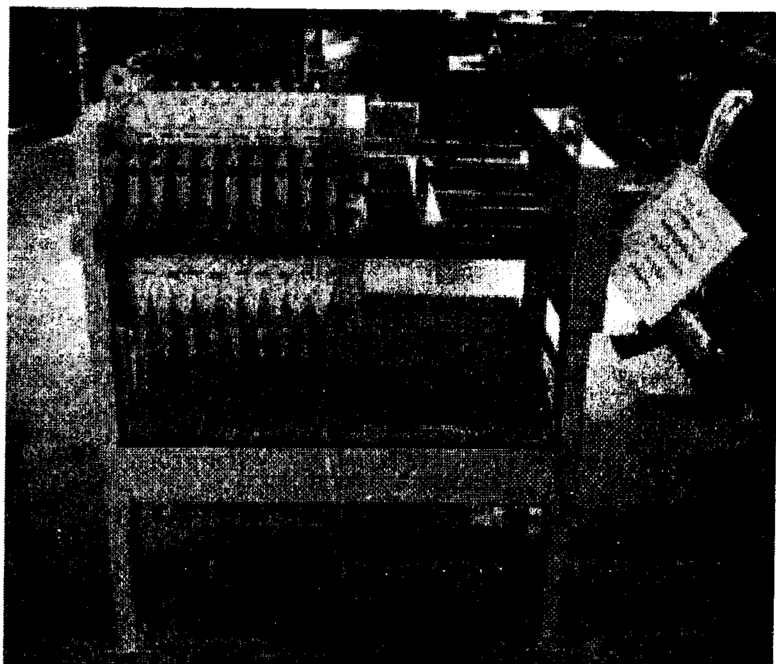
Hình 16.15. Máy lọc di động

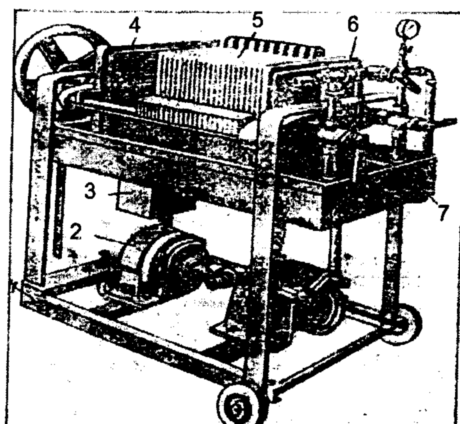
1. Bơm; 2. Động cơ; 3. Bộ trộn; 4. Bộ lọc; 5. Tầng lọc; 6. Túi; 7. Nắp phân phối; 8. Nắp ống đong; 9. Ống đong; 10. Bộ đong (đo lường).

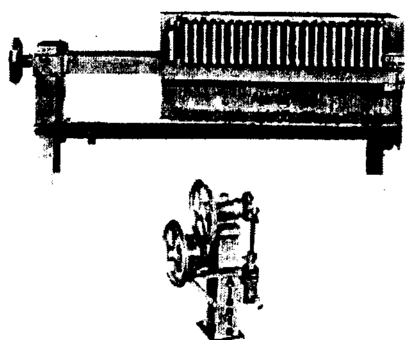
Máy ép lọc loại khung – bản: Dung dịch cần lọc được bơm vào khung, đi qua các tấm lọc rồi được gom đưa ra ngoài. Tấm lọc bằng: vải, dạ, nỉ, vải thủy tinh... Áp suất lọc (29,43 – 49,05)10^4 Pa (tức 3 – 5 atm). Năng suất lọc 2 – 3 m^3/h (hình 16.16).

Sau đây là chỉ số kỹ thuật của một vài loại máy ép lọc:

Năng suất lọc	5 m^3/h	0,6 m^3/h
Công suất động cơ	1,7 kW	0,6 kW
Bề mặt lọc	4 m^2	0,15 m^2
Kích thước khung bản	460 x 460 mm	–
Vật liệu khung	cao su chịu axit	–
Áp suất bơm	–	203 Pa
Kiểu bơm	bánh răng tectolit	–
Kích thước máy ép lọc	1040 × 677 × 940 mm	
	1100 × 750 × 450 mm	
Trọng lượng máy	230 kg	150 kg







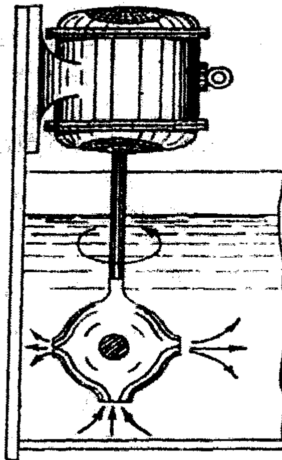
Hình 16.16. Máy ép lọc khung – bản

1. Khung máy; 2. Động cơ điện; 3. Bơm; 4. Bản động;

5. Khung cao su; 6. Bản cố định; 7. Máng hứng dung dịch.

16.6. THIẾT BỊ KHUẤY, ĐẢO DUNG DỊCH

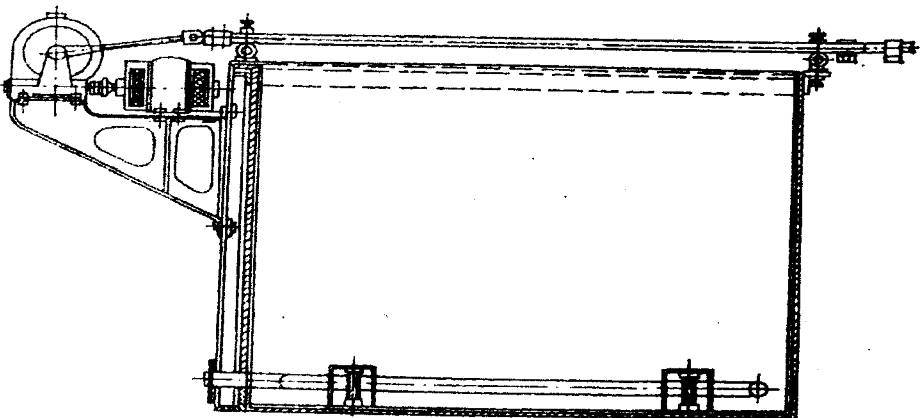
Khuấy cơ thích hợp cho bể nhỏ. Hình 16.17 là một kiểu khuấy cơ, cánh khuấy là một hộp dẹt rỗng có ba lỗ, khi quay dung dịch văng ra ở hai lỗ trên, lỗ dưới để dung dịch bù vào và tiếp tục văng ra ở lần sau.



Hình 16.17. Máy khuấy cơ

Sục khí nén: Không khí được nén, làm sạch, dẫn vào ống nhựa có khoan lỗ dọc theo ống, đặt sát đáy bể, phía dưới catot (xem hình 15.1 và 15.2). Điều chỉnh van khí để áp suất trong ống nằm trong khoảng 4,905 – 9,81 10^4 Pa (tức khoảng 0,5 – 1 atm). Cách khuấy này rất mạnh và đều nên rất hiệu quả, nhưng không lợi cho dung dịch nào dễ tác dụng với CO_2 và O_2 như các dung dịch xyanua, dung dịch mạ sắt... Hình 15.2 có vẽ thiết bị làm sạch các tạp chất tan trong dung dịch bằng phương pháp điện phân, rất thích hợp đối với các bể mạ kền bóng và các bể mạ cần chất lượng cao khác.

Di động catot là cách khuấy nhẹ, không làm vẩn đục cặn bẩn ở đáy lên, tần số dao động phải hơn 16 lần/ph, biên độ dao động 20 – 25 cm. Hình 16.18 vẽ cơ cấu làm cầu catot dao động thẳng – ngang. Có thể dùng cam để catot dao động cong – ngang sẽ tốt hơn.



Hình 16.18. Cơ cấu catot di động thẳng – ngang

Lọc và đối lưu dung dịch liên tục

Công nghệ mạ hiện đại thường lọc và đối lưu dung dịch liên tục suốt trong quá trình mạ. Tốt nhất là vừa lọc qua màng lọc vừa lọc điện hóa (tức xử lý điện ở riêng một bể nhỏ). Sơ đồ thiết bị lọc và tuần hoàn liên tục dung dịch tương tự như đã trình bày ở hình 15.1 và hình 15.2.

16.7. THIẾT BỊ ĐUN NÓNG DUNG DỊCH

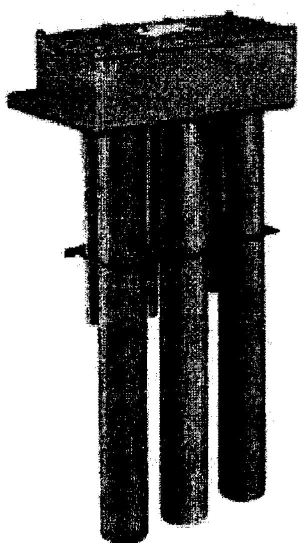
Có rất nhiều loại dụng cụ, thiết bị điện đun nóng dung dịch mạ và các dung dịch khác, kể cả đun nước, bán sẵn trên thị trường. Cần chọn loại đảm bảo phù hợp về công suất, độ bền ăn mòn và kích thước cho bể cần gia nhiệt. Có thể tính toán công suất và số lượng can đun trước khi mua sắm như trình bày tại mục 17.4.

Hình 16.19 sau đây là một số kiểu dáng và chủng loại can đun bán sẵn, trong đó:

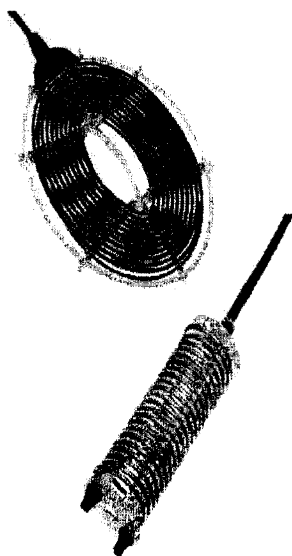
Loại a dùng cho các dung dịch mạ, tẩy rửa, anot hóa. Vỏ bằng teflon. Can đun bằng thép, thép không gỉ 304 hay 316, titan. Mật độ công suất 52,8 W/cm^2. Công suất từ 1500 – 18 000 W. Điện thế có các loại 120 V, 240 V, 480 V... 600 V. Kiểu P4 dùng để gia nhiệt cho dung dịch từ 82 – 110 °C, kiểu P5 từ 110 – 150 °C.

Loại b của hãng Schloetter, can đun có nhiều hình dạng, kiểu dáng. Kiểu bầu dục nhúng thẳng vào đáy bể hay treo sát thành bể, rất an toàn, không bị ăn mòn. Thông số kỹ thuật của kiểu này như sau:

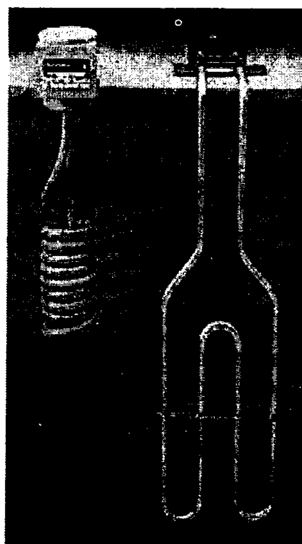
Công suất kW	*Chiều dày mm*	*Đường kính lớn mm*	*Đường kính nhỏ mm*
Đơn pha			
0,5	25	292	292
1,0	25	292	292
1,5	25	445	292
2,0	25	445	292
3,0	25	445	292
4,0	50	445	292
4,5	50	445	292
6,0	75	445	292
Ba pha			
6,0	75	445	292
9,0	75	445	292



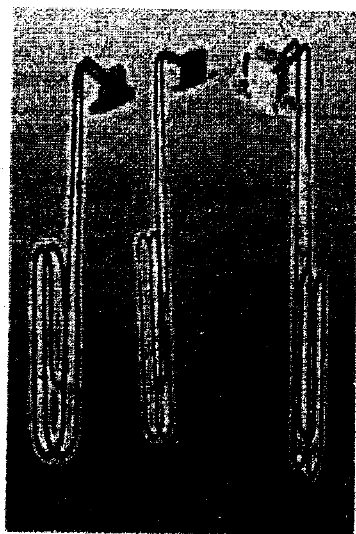
a



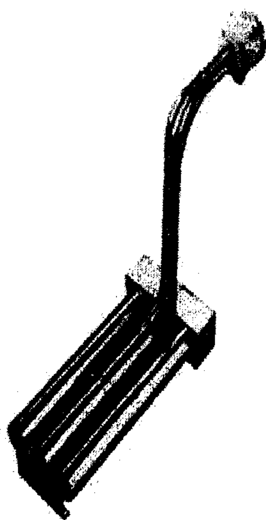
b



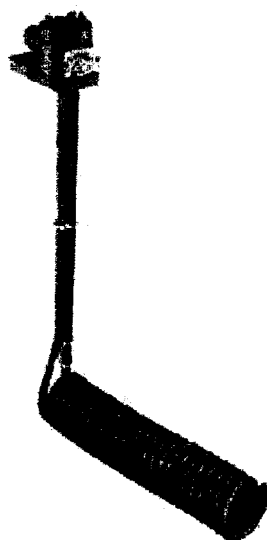
c



d



e

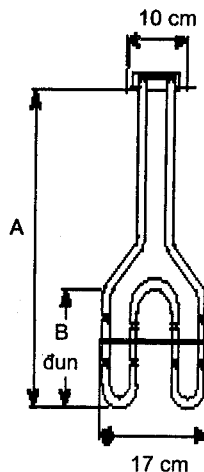


f

Hình 16.19. Một số chủng loại can đun

Loại c là sản phẩm của hãng Omega Co. UK, có các chỉ số kỹ thuật kê trong bảng sau (A và B xem hình cạnh bảng).

Kiểu PHT	*Công suất kW*	*Điện thế, V*	*W/cm²*	*Dài, cm A*	*Đun, cm B*	*Trọng lượng, kg*
101	1,0	120	9,5	35,56	20,32	2
102	1,0	240	9,5	35.56	20,32	2
202	2,0	240	14	53,34	27,94	2
204	2,0	480	14	53,34	27,94	2
302	3,0	240	14,5	66,04	40,64	2,5
304	3,0	480	14,5	66,04	40,64	2,5
402	4,0	240	15,35	76,20	50,80	2,5
404	4,0	480	15,35	76,20	50,80	2,5
602	6,0	240	15,35	101,6	76,20	3,0
604	6,0	480	15,35	101,6	76,20	3,0
902	9,0	240	15.35	137,16	111,76	4,0
904	9,0	480	15.35	137,16	111,76	4,0



Các loại khác cũng có các thông số kỹ thuật tương tự.

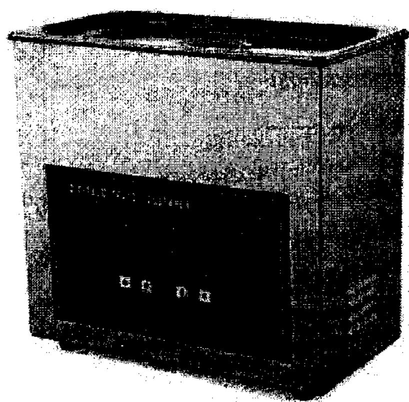
16.8. THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SIÊU ÂM

Trong mạ điện dùng thiết bị siêu âm ở các công đoạn tẩy rửa, mạ... Máy phát siêu âm đặt bên ngoài dung dịch, phía dưới đáy bể (hình 16.20). Công suất mỗi máy phát siêu âm thường không lớn nên đối với các bể lớn phải lắp đặt một bộ tổ hợp gồm nhiều máy phát siêu âm cho đủ yêu cầu. Hình 16.20 trình bày thiết bị siêu âm và cách lắp đặt máy.

Các thông số kỹ thuật của một loại thiết bị siêu âm của hãng Alibaba như sau:

Kiểu máy BKU	*Công suất siêu âm, W*	*Công suất đun nóng, kW*	*Điện thế, V*	*Kích thước bể, m Dài × rộng × cao*	*Kích thước máy, m Dài × rộng × cao*
900	900	1	380	0,4 × 0,3 × 0,3	0,56 × 0,46 × 0,60
1800	1800	4	380	0,7 × 0,4 × 0,35	1,00 × 0,75 × 0,70
2400	2800	6	380	0,75 × 0,55 × 0,48	0,91 × 0,85 × 0,77
3600	3600	8	380	1,0 × 0,55 × 0,56	1,16 × 0,85 × 087
4800	5200	9	380	1,2 × 0,65 × 0,65	1,40 × 1,03 × 0,98
6000	7200	12	380	1,45 × 0,72 × 0,73	1,65 × 1,19 × 1,10
7200	8000	16	380	1,5 × 0,80 × 0,80	1,50 × 1,28 × 1,15
10 000	14400	20	380	1,7 × 0,90 × 0,80	1,96 × 1,45 × 1,15

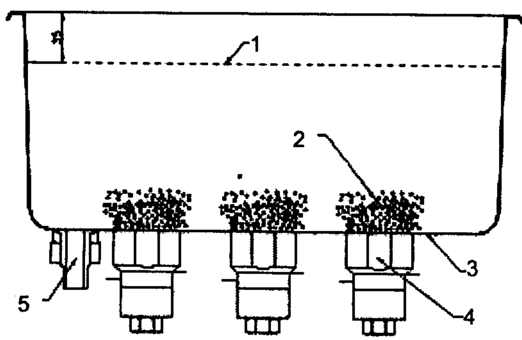
Các bể cần công suất siêu âm lớn phải lắp đặt bộ tổ hợp ở ba vách: đáy và hai cạnh bên.



a



b



c

Hình 16.20. Thiết bị siêu âm dùng trong mạ điện

a. Bể tẩy rửa siêu âm; b. Bộ tổ hợp nhiều máy phát siêu âm; c. Cách lắp ráp máy siêu âm. 1. Mặt thoáng; 2. Trường siêu âm mạnh nhất; 3. Đáy bể; 4. Máy phát siêu âm; 5. Ống xả.

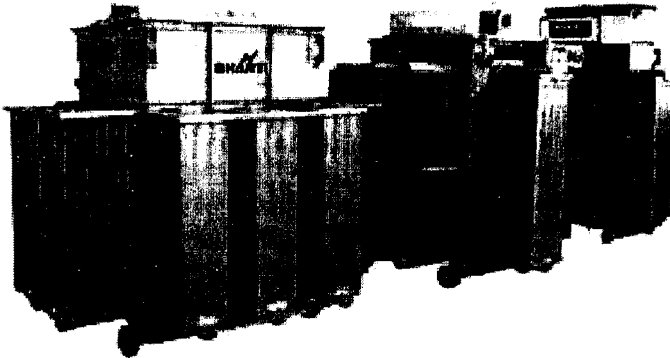
Chương 17
THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG XƯỞNG MẠ

17.1. NGUỒN ĐIỆN MỘT CHIỀU

Hầu hết các quá trình mạ đều dùng nguồn điện một chiều có công suất khác nhau nhưng điện thế chỉ từ 6 đến 12 V hay 24 V hoặc 36 V. Chỉ một vài trường hợp đặc biệt như oxy hóa hợp kim nhôm mới cần đến nguồn điện có điện thế tới 120 V. Ngày nay chủ yếu dùng nguồn điện một chiều là các bộ chỉnh lưu, loại động cơ – máy phát không còn dùng nữa.

Các loại chỉnh lưu dùng diot làm bằng oxit của đồng (I), selen, gecmani, silic, thyristor... để nắn dòng xoay chiều thành một chiều. Cơ cấu của máy chỉnh lưu bao gồm: bộ giảm áp xoay chiều; các diot nắn dòng xoay chiều (AC) thành dòng một chiều (DC); bộ điều chỉnh; hệ đo kiểm; hệ làm mát.

Thường trang bị một máy chỉnh lưu cho riêng một bể mạ, nhờ vậy dây dẫn sẽ ngắn, nhỏ, điều chỉnh dòng và thế dễ dàng cho từng bể. Hình 17.1 cho thấy hình dạng bên ngoài của các bộ chỉnh lưu dùng trong mạ điện.



Hình 17.1. Chỉnh lưu dùng cho mạ điện

Chỉnh lưu selen có các loại điện thế từ 6 đến 24 V, cường độ dòng điện từ 12 – 24 đến 5000 A, được làm mát bằng không khí hay ngâm trong dầu. Chỉnh lưu selen không được dùng quá 40 – 60 V và không được đổi chiều dòng điện. Thường dùng hạ thế vô cấp đầu vào để điều chỉnh dòng và thế một chiều ở đầu ra. Bảng 17.1 kê các chỉ số kỹ thuật của một số kiểu chỉnh lưu selen.

Bảng 17.1. Chỉ số kỹ thuật của các bộ chỉnh lưu selen

Điện thế sau chỉnh lưu, V	*Cường độ dòng điện, A*	*Kích thước, mm*
– 24	12 – 24	500 × 560 × 350
6	200	500 × 450 × 1050
3,5 – 4,5 – 6	200	500 × 500 × 320
6 – 12	600	–
6 – 20	600/325	–
6 – 20	800/425	950 × 920 × 1400
2 – 20	1000/525	1200 × 1060 × 1400
6 – 12	600	800 × 750 × 1400
6 – 12	200/100	394 × 382 × 982
6 – 12	600/300	888 × 488 × 1112
6 – 12	1200/600	574 × 538 × 1290
6 – 12	2000/1000	682 × 662 × 1230
14 – 24	3000	2210 × 2500 × 5700

Chỉnh lưu gecmani có kích thước nhỏ gọn hơn, hệ số hữu ích cao hơn (98%), dễ điều chỉnh hơn, có điện trở thuận nhỏ nhưng điện trở nghịch lớn, tuổi thọ cao. Ở Mỹ sản xuất các chỉnh lưu gecmani dùng cho các xưởng mạ từ 300 đến 5000 A (thậm chí đến 160 000 A, điện thế 15 V) điều chỉnh vô cấp tải từ không đến công suất tối đa. Ở Nga sản xuất các bộ chỉnh lưu gecmani dùng cho các xưởng điện phân gồm các kiểu 12 V và 300A, 9 – 12 V và 600 A, 12 V và 4000 A... Bảng 17.2 kê các thông số kỹ thuật chính của một số kiểu chỉnh lưu gecmani.

Bảng 17.2. Chỉ số kỹ thuật các chỉnh lưu gecmani

Cường độ dòng sau chỉnh lưu, A	*Biên độ điện thế ngược, V*	*Điện thế rơi thuận, V (không lớn hơn)*	*Cách làm nguội*
5	250 – 300	0,5	Không khí tự nhiên
10	30 – 150	0,45	Quạt
50	30 – 110	0,5	Quạt
200	15 – 110	0,6	Nước
500	15 – 120	0,5	Nước
1000	15 – 100	0,4	Nước
300 (dùng cho mạ)	12	–	Quạt
600 (dùng cho mạ)	9 – 12	–	Quạt
4000 (dùng cho mạ)	12	–	Quạt

Chỉnh lưu silic (silicon) có điện thế từ 3 đến 48 V và cường độ dòng điện đến 25000 A, làm nguội bằng nước, quạt hay không khí tự nhiên.

Loại dùng cho xưởng mạ có các tính năng: điều chỉnh vô cấp điện thế bằng tay; tự động ổn thế và ổn dòng chỉnh lưu; tự động ổn định mật độ dòng; độ ổn định chính xác đến ± 10% giá trị của thế hay dòng. Bảng 17.3 giới thiệu các thông số kỹ thuật của chỉnh lưu silic do hãng Recon's, Ấn Độ cung cấp.

Bảng 17.3. Chỉ số kỹ thuật các bộ chỉnh lưu silic

Điện thế, V	*Dòng điện, A*
8	250, 500, 750, 1000, 2000, 3000, cho đến 15 000
12	250, 500, 750, 1000, 2000, 3000, cho đến 15 000
16	250, 500, 750, 1000, 2000, 3000, cho đến 15 000
24	250, 500, 750, 1000, 2000, 3000, cho đến 15 000

Hãng Bharti sản xuất và cung cấp dãy rất rộng các chỉnh lưu silicon có điện thế ra từ 1 – 1000 V và dòng điện ra từ 10 – 20000 A.

Chỉnh lưu silicon của hãng Alibaba, Trung Quốc có các chỉ tiêu kỹ thuật như sau:

Điện thế đầu vào	380, 410 V , AC, 50 – 60 Hz
Dòng điện một chiều ra	500 – 30 000A, tùy chọn, sai số ≤ 1%
Điện thế một chiều ra	± 6 V, ± 12 V, ± 18 V, ± 24 V, ± 36 V, sai số ≤ 1%
Làm nguội	bằng không khí hoặc nước
Điều kiện làm việc	0 – 40 °C, độ ẩm < 90%

Vận hành và bảo dưỡng chỉnh lưu:

1. Muốn khởi động chỉnh lưu, đầu tiên phải đóng điện xoay chiều vào chỉnh lưu rồi sau đó mới nối tải (treo vật mạ vào bể).

2. Khi cần ngắt điện cho chỉnh lưu, đầu tiên phải ngắt điện mạch phụ tải, sau đó mới ngắt điện xoay chiều vào máy chỉnh lưu.

3. Không được bắt chỉnh lưu làm việc với dòng điện lớn hơn quy định. Không được nối chỉnh lưu vào mạng điện có điện thế lớn hơn và tần số không phù hợp như đã quy định trong bản thuyết minh máy. Cầu dao điện vào máy phải tiếp điện tốt.

4. Không đặt chỉnh lưu ở phòng có độ ẩm không khí trên 80% hay gần chỗ nóng hoặc chỗ có tia nắng rọi thẳng vào.

5. Không đặt chỉnh lưu ở nơi có nhiều hơi axit hay hơi kiềm.

6. Làm vệ sinh, thổi sạch chỉnh lưu ít nhất mỗi tháng một lần.

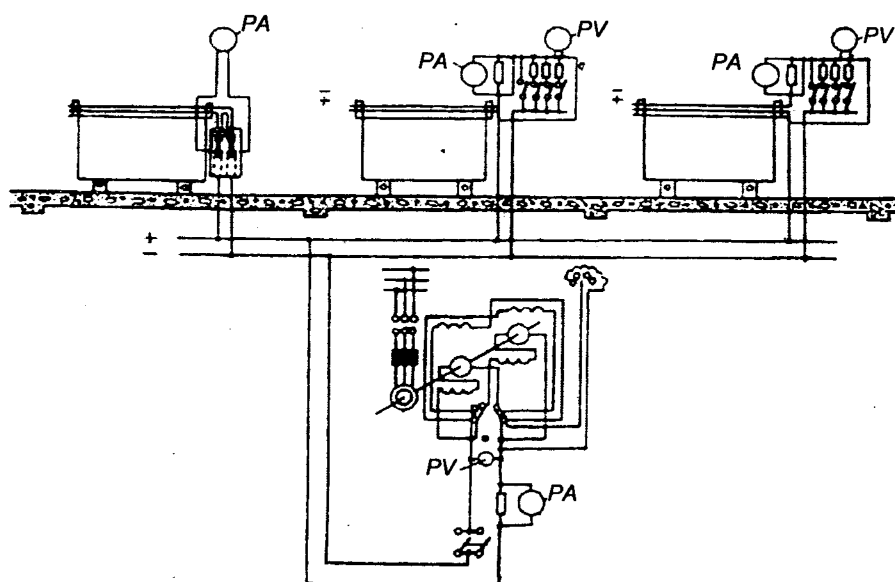
17.2. SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN

Sơ đồ đấu điện một chiều trong xưởng mạ cần đơn giản và thuận tiện cho việc điều chỉnh dòng điện và điện thế. Có ba cách đấu:

– Mỗi bể đấu riêng một nguồn điện: dòng điện cấp cho tải được điều chỉnh bằng điện thế đầu vào các bộ chỉnh lưu. Cách này đơn giản và hợp lý nhất, được dùng chủ yếu hiện nay.

– Nhiều bể đấu chung một nguồn điện: dùng cho các bể có năng suất nhỏ hoặc làm việc không liên tục; mỗi bể phải có một bộ điện trở riêng để điều chỉnh thế và dòng cho phù hợp với riêng bể đó, nhưng như vậy lại thường gây biến động cho các bể khác (hình 17.2).

– Một bể đấu với nhiều nguồn điện: dùng cho bể to, có năng suất lớn, các hệ cầu cực đặt tách riêng nhau, mỗi hệ đấu riêng một nguồn điện. Cách này dùng cho các máy mạ liên hợp công suất lớn.



Hình 17.2. Sơ đồ đấu song song nhiều bể vào chung một nguồn điện

Dòng điện đảo chiều: Mạ bằng dòng điện có chiều thay đổi tuần hoàn trong nhiều trường hợp làm tăng tốc độ mạ hay cải thiện chất lượng lớp mạ. Các cách làm thay đổi chiều dòng điện:

– Đổi chiều dòng điện theo chu kỳ catot – anot với các tỷ lệ thời gian hay biên độ khác nhau.

– Chồng dòng xoay chiều lên dòng một chiều.

– Phân cực đồng thời cả catot và anot.

Cách đầu hiệu quả nhất, được dùng nhiều hơn trong công nghiệp. Bộ đảo chiều lắp sau chỉnh lưu dùng cho xưởng mạ có các cỡ 50/100, 100/200, 250/500 A... dùng cho các bể cần điện thế 6/12 V; chúng có khả năng ổn thế đầu ra trong phạm vi đến 12 V khi điện thế mạng lưới dao động trong giới hạn 5 – 10% hay khi phụ tải mạ biến động khoảng 30%.

Loại thiết bị chỉnh lưu dòng xoay chiều bằng thyristor, điều chỉnh được trong dải rộng, tự động đổi chiều không tiếp điểm và tự động điều chỉnh được mật độ dòng điện trung bình trong các bể mạ đã được chế tạo theo các cỡ: 50, 200, 600, 1200 A... với điện thế 6/12 V. Sau đây là các chỉ số kỹ thuật của loại 600 A – 12 V:

Điện thế mạng lưới	380/220; 220/127 V
Điện thế sau chỉnh lưu	0 – 6; 0 – 12 V
Cường độ dòng sau chỉnh lưu	0 – 600 A
Thời gian thời kỳ catot	0,1 – 80 s
Thời gian thời kỳ anot	0,05 – 5 s
Lượng nước làm nguội	> 4 l/ph
Kích thước thiết bị	600 × 500 × 1650 mm
Trọng lượng thiết bị	350 kg

17.3. TÍNH THANH DẪN, DÂY DẪN VÀ CÁCH LẮP ĐẶT

Thanh dẫn hay dây dẫn: Thanh dẫn, nẹp dẫn hay dây dẫn để cấp điện cho các bể mạ tính theo các công thức ở bảng 17.4.

Dây hay thanh dẫn phải tính toán và lựa chọn sao cho điện thế rơi trên chúng đạt các yêu cầu sau:

– Dưới 10% điện thế nguồn đối với các bể dùng nguồn 6 V;

– 6% đối với các thiết bị động lực;

– 4% đối với thiết bị chiếu sáng;

– Trên 10% đối với trường hợp muốn tiết kiệm kim loại làm dây dẫn, như bể mạ crom vốn chỉ cần 7 – 9 V mà dùng nguồn 12 V, hoặc các bể mạ chì, thiếc, đồng... vốn chỉ cần 3 – 5 V mà dùng nguồn 6V để cấp điện.

Bảng 17.4. Công thức tính dây dẫn và thanh dẫn

Loại dòng điện	*Điện thế rơi, V*	*Tiết diện dây, mm²*
Dòng một chiều và xoay chiều (tải không cảm ứng):		
Đã biết dòng điện I	$\Delta U = 2.L.I/\sigma S$	$S = 2.L.I/\sigma \Delta U$
Đã biết công suất P	$\Delta U = 2.L.P/\sigma SU$	$S = 2.L.P/\sigma U.\Delta U$
Ba pha:		
Đã biết dòng điện I	$\Delta U = 1{,}73.L.I\cos\varphi/\sigma S$	$S = 1{,}73.L.I.\cos\varphi/\sigma\Delta U$
Đã biết công suất P	$\Delta U = L.P/\sigma SU$	$S = L.P/\sigma U.\Delta U$

Chú thích: U – điện thế làm việcgiữa hai đầu dây của thiết bị hai dây và giữa hai dây chính trong các thiết bị ba pha, V; *ΔU* – điện thế rơi cho phép từ đầu đến cuối đường dây, V; *P* – công suất cung cấp, W; *I* – cường độ dòng điện, A; L – chiều dài dây từ chỗ cấp đến chỗ nhận, m; *σ* – độ dẫn điện riêng của vật liệu thanh hay dây (của Cu: 57,1; Al: 34,4 m/Ωmm²); *S* – tiết diện dây hay thanh, mm².

Bảng 17.5. Tính chất kỹ thuật của thanh dẫn đồng và nhôm

Rộng x dày, mm	*Tiết diện, mm^2*	*Thanh dẫn đồng*		*Thanh dẫn nhôm*	
		Trọng lượng 1 m, kg	*Cường độ dòng điện, A*	*Trọng lượng 1m, kg*	*Cường độ dòng điện, A*
15 × 3	45	0,4	255	0,12	195
20 × 3	60	0,53	336	0,16	260
25 × 3	75	0,67	420	0,20	330
30 × 3	90	0,80	520	0,24	400
30 × 4	–	–	–	0,32	483
35 × 3	105	0,93	600	–	–
10 × 4	160	1,42	800	0,43	615
45 × 4	180	1,6	910	–	–
50 × 4	200	1,78	1030	0,54	800
50 × 5	250	2,22	1120	0,68	860
60 × 5	300	2,67	1360	0,81	1030
60 × 6	360	3,2	1460	0,97	1120
60 × 8	480	4,27	1635	1,30	1280
60 × 10	600	5,34	1800	1,62	1390
80 × 6	480	4,27	1940	1,30	1500
80 × 8	640	5,7	2240	1,73	1720
80 × 10	800	7,12	2460	2,16	1900
100 × 6	600	5,34	2430	1,64	1880
100 × 8	800	7,12	2760	2,16	2120
100 × 10	1000	8,9	3000	2,70	1320

Để dẫn điện một chiều vào các bể, thường dùng thanh (nẹp) hay dây dẫn bằng đồng hoặc nhôm (bảng 17.5).

Thanh dẫn được sản xuất sẵn có độ dài 3,5 hay 5,5 m với các loại tiết diện khác nhau.

Nối thanh nhôm bằng cách hàn; nối thanh đồng bằng cách ghép chồng lên nhau hay ốp nẹp nối rồi bặt chặt bằng bulông với áp lực $49{,}05.10^6$ Pa (tức 5 kg/mm^2). Mật độ dòng tại chỗ tiếp nối chỉ cho phép 0,3 – 0,5 A/mm^2. Cần giữ sạch chỗ nối; sơn đỏ dây dương, xanh dây âm.

Khung, giá, móc treo vật mạ

Khung, giá, móc treo thường dùng vật liệu là đồng đỏ hay đồng vàng; chọn tiết diện dây hay thanh đồng cần đạt hai yêu cầu: cứng vững và đủ tải điện. Quan hệ giữa tiết diện dây và dòng phụ tải tham khảo ở bảng 17.6.

Cầu anot và cầu catot

Cầu là thanh kim loại đặt dọc (và ngang nếu cần) trên miệng bể dùng để *treo* anot hay catot và *cấp điện* cho chúng để tiến hành điện phân, vì vậy cầu cực cần phải *cứng vững* và *dẫn tải điện an toàn* để chịu được trọng lượng và phụ tải điện trên chúng. Vật liệu cầu cực thường là ống đồng, cây đồng hay thanh đồng hoặc đồng thau... đặt lên các gối cách điện (gỗ, sứ, chất dẻo...) gắn chặt lên miệng bể, tránh điện một chiều thất thoát theo thành bể. Khoảng cách giữa các cầu 40 – 50 mm theo chiều đứng và 100 – 120 mm theo chiều ngang. Bảng 17.7 kê một số vật liệu bằng đồng làm cầu cực.

Bảng 17.6. Quan hệ giữa tiết diện dây đồng và phụ tải dòng một chiều

Tiết diện, mm^2	*Phụ tải tối đa, A*	*Phụ tải an toàn, A*	*Tiết diện, mm^2*	*Phụ tải tối đa, A*	*Phụ tải an toàn, A*
0,5	7,5	6	70	200	160
0,75	9,0	6	95	240	200
1,0	11	6	120	280	225
1,5	14	10	150	325	260
2,5	20	15	184	380	300
4,0	25	20	240	450	360
6,0	31	25	310	540	430
10	43	35	400	640	500
16	75	60	500	760	600
25	100	80	625	880	700
35	125	100	800	1050	850
45	148	125	1000	1250	1000

Tham khảo thêm phụ lục 18 (quy định mới).

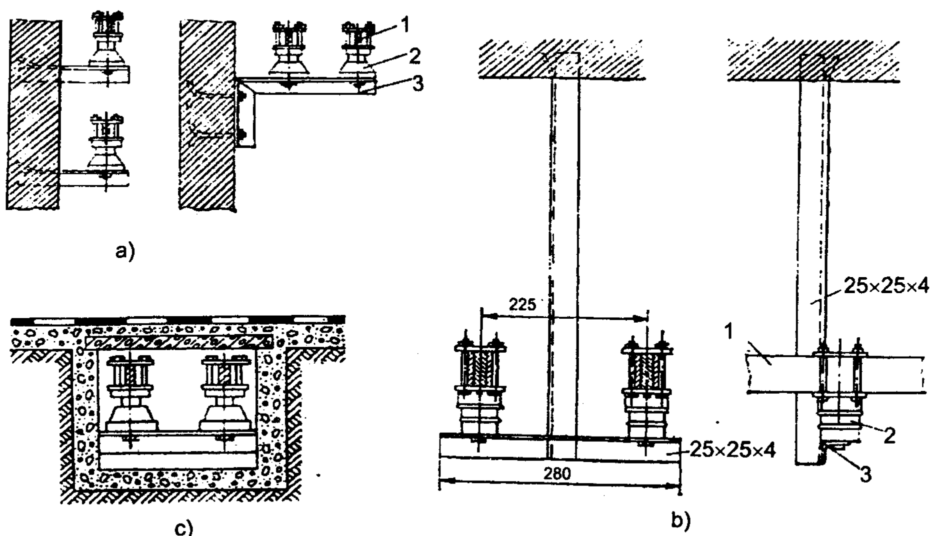
Bảng 17.7. Kích thước và dòng tải của cầu đồng

Phụ tải điện, A	*Đường kính cầu đặc, mm*	*Đường kính/ chiều dày cầu rỗng, mm*	*Phụ tải điện, A*	*Đường kính cầu đặc, mm*	*Đường kính/ chiều dày cầu rỗng, mm*
125	6	10/1	300	10	30/1
150	6	10/1,5	375	11	30/1,5
175	7	20/1	500	14	40/1,5
200	7	20/1	750	18	50/1,5
250	9	20/1	1000	23	–

Dùng cầu rỗng tiết kiệm được nhiều kim loại; thường dùng loại cầu rỗng có đường kính từ 15 – 25 mm, chịu được trọng lượng xấp xỉ 400 kg.

Lắp đặt thanh dẫn điện một chiều

Điện một chiều trong xưởng mạ có điện thế thấp nhưng cường độ dòng điện thường rất lớn. Để tải điện có thể dùng dây mềm có vỏ cách điện và lắp đặt chúng không khác gì cách lắp đặt đường dây điện xoay chiều. Cũng có thể tải điện bằng thanh đồng (hay nhôm) cứng để trần, khi đó cách lắp đặt chúng phải làm theo hình 17.3.



Hình 17.3. Cách lắp đặt thanh dẫn điện một chiều để trần

a. Đặt dọc theo tường; b. Đặt dưới trần nhà; c. Đặt ngầm dưới sàn nhà.

1. Thanh dẫn; 2. Cách điện; 3. Giá đỡ.

Thiết bị đo và điều chỉnh dòng điện một chiều

Để đo cường độ dòng điện và điện thế cho các bể mạ, dùng các đồng hồ điện từ loại một chiều, kỹ thuật, chính xác cấp 2 trở lên.

Ampe–met đo dòng dưới 100 A thường không cần sun, trên 100 A phải mắc thêm sun. Có nhiều loại đo được đến hàng nghìn A. Nếu cần có thể dùng loại ampe–mét tự ghi liên tục dòng điện cấp vào bể.

Để đo điện thế của các bể và của nguồn dùng von–met một chiều loại chịu được hơi ẩm và bụi bặm; giới hạn đo thường là 3; 7,5; 15; 30 V. Tất cả ampe–met và von–met dùng trong xưởng mạ phải định kỳ kiểm tra, bảo dưỡng và hiệu chỉnh lại.

Để điều chỉnh cường độ dòng điện cấp vào bể điện phân, trong trường hợp mỗi bể một chỉnh lưu riêng, được thực hiện rất dễ dàng bằng cách điều chỉnh điện thế thứ cấp của máy hạ thế đặt trong bộ nguồn (chỉnh lưu). Trường hợp dùng một nguồn điện chung cho nhiều bể thì mỗi bể phải trang bị một biến trở riêng để điều chỉnh dòng điện vào bể đó.

Biến trở mắc nối tiếp vào mạch điện một chiều cấp cho bể. Để tính toán biến trở, cần biết các số liệu: cường độ dòng điện lớn nhất và nhỏ nhất cấp cho bể; quan hệ phụ thuộc của điện thế vào cường độ dòng điện; điện trở của dung dịch; giá trị cường độ dòng điện vào mỗi nấc của biến trở. Nếu không có các số liệu này thì tính toán biến trở sao cho có thể gánh được điện thế bằng 50 – 75% điện thế làm việc của bể.

Điện trở của biến trở được tính theo giá trị cực đại và cực tiểu của cường độ dòng điện. Giá trị cường độ dòng điện cực đại và cực tiểu cũng như điện trở của biến trở được tính từ các công thức sau:

$$I_{max} = U/R_b$$

$$I_{min} = U/(R_b + R)$$

Từ đó $R = U(I_{max} - I_{min}) / I_{max} \cdot I_{min}$

trong đó: U – điện thế mạch điện,V;

R_b – điện trở dung dịch;

R – điện trở tổng của biến trở.

Để điều khiển các quá trình mạ trong các thiết bị lớn, thiết bị tự động, cần tập trung các dụng cụ đo, kiểm vào một một bàn (tủ) điều khiển chung và đặt riêng ở một nơi thuận tiện.

Hệ số giãn nở dài của một số kim loại kê trong phụ lục 19.

17.4. TÍNH TOÁN ĐUN NÓNG CHO CÁC BỂ BẰNG ĐIỆN

Để tính bộ đun điện (can nhiệt) cần phải biết cân bằng nhiệt của bể. Tính lượng nhiệt cần để đun nóng và nhiệt tổn thất của từng bể, ấn định thời gian đun và tính công suất của can nhiệt cần *cho đun nóng* và *cho duy trì nhiệt độ* làm việc suốt trong ngày. Số lượng can đun và công suất của chúng phụ thuộc vào cấu tạo của bể.

Nên mua các can đun bán sẵn trên thị trường đúng theo yêu cầu riêng của từng loại bể cần gia nhiệt (xem mục 16.7).

Nếu muốn tự chế tạo lấy can nhiệt thì phải tính đường kính và chiều dài dây điện trở tùy thuộc vào công suất can nhiệt và điện áp lưới điện. Đường kính d và chiều dài l của dây điện trở tính theo công thức sau:

$$d = 0{,}0405\rho P^2/BU^2, \text{ mm};$$

$$l = P/31{,}42\, d, \text{ m}.$$

trong đó: ρ – điện trở riêng của dây điện trở, $\Omega mm^2/m$ (ví dụ dây Cr – Ni có $\rho = 1{,}1\Omega mm^2/m$);

P – công suất của một can nhiệt, W;

B – phụ tải cho phép của can nhiệt, W/cm^2 (thường bằng 3,5 W/cm^2);

U – điện thế lưới điện, V.

Số lượng can nhiệt trong một bể thường là 3 đến 8.

Thị trường hiện có các loại can nhiệt chế tạo sẵn theo nhiều công suất khác nhau, vỏ bằng các vật liệu thép không gỉ, sứ, teflon..., đường kính can 45 – 75 mm, dài 280 – 3150 mm (xem mục 16.7).

Tính cân bằng nhiệt cho bể điện phân cần phải biết: lượng nhiệt cấp cho bể; loại dung dịch cần đun; mật độ thể tích bể điện phân.

Lượng nhiệt Q cấp cho bể tính bằng Jun thì điện năng W tương ứng cần cấp sẽ là:

$$W = Q / 3600,\ W.h$$

(nếu Q tính bằng kcal thì $W = Q/0,24 . 3600$ tính bằng kW.h).

Lượng nhiệt Q xác định theo công thức:

$$Q = V . \gamma_{dd} . c_{dd} . \Delta t + q,\ J,$$

trong đó: V – thể tích dung dịch, lít;

γ_{dd} – tỷ trọng dung dịch (xem dưới);

c_{dd} – nhiệt dung riêng của dung dịch, J/kg.K;

q – nhiệt tổn thất, J;

$$\Delta t = t_{cuối} - t_{đầu}$$

Các bể	*Nhiệt dung riêng, J/kg.K*	*Tỷ trọng dung dịch γ_{dd}*
Mạ kền nhanh	4110	1,2
Mạ kền	4150	1,125
Mạ đồng axit	4483	1,1
Mạ đồng xyanua	4150	–
Mạ đồng thau	3980	1,1
Mạ cađimi	3940	–
Mạ bạc	4110	1,08
Mạ thiếc (kiềm)	4110	–
Mạ kẽm axit	4132	1,116
Mạ crom	4187	1,118
Tẩy dầu điện hóa	4567	1,08
Bể hoạt hóa	4187	1,02
Bể rửa nóng	4187	1,0

Điện năng tiêu tốn W được tính theo công thức:

$$W = (1,1\ V . c_{dd} . \Delta t + q) / 3600,\ Wh.$$

Nhiệt tổn thất q bằng khoảng 30% Q đối với trường hợp bể không bảo ôn và bằng 20% Q đối với trường hợp bể có bảo ôn.

Bảng 17.8. Nhiệt tổn thất qua thành bể (kJ/ m^2.h)

Nhiệt độ bể, °C	*Không bảo ôn*	*Lớp bảo ôn dày, mm*		
		25	*50*	*75*
30	587	151	75	50
40	796	188	105	75
45	1049	239	126	88
50	1278	289	151	113
55	1570	340	176	126
60	1875	390	201	151
65	2090	427	226	163
70	2430	478	264	188
75	2721	537	289	201
80	3020	578	314	214
85	3185	602	327	226
90	3350	628	340	239
95	3710	666	365	252
100	4187	716	390	277

Tổng công suất N của các can nhiệt là:

$$N = W/\tau, \text{ W};$$

trong đó: τ – thời gian cần thiết để đun nóng dung dịch lúc đầu, h.

Để duy trì nhiệt độ trong thời gian bể làm việc, chỉ cần một điện năng W_1 bằng khoảng 5% điện năng dùng để đun nóng dung dịch lúc đầu hoặc có thể tính như sau:

$$W_1 = q/3600, \text{ Wh}$$

Nhiệt tổn thất q có thể tính đầy đủ hơn bằng cách sử dụng bảng 17.8 để biết q_1, bảng 17.9 để biết q_2, đồng thời còn phải tính nhiệt lượng q_3 cần thiết để đun nóng vật mạ trong 1 h:

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$q_3 = Pc\,(t_{dd} - t_v), \text{ J/h}$$

trong đó: P – trọng lượng trung bình của vật mạ trong 1 h, kg;

c – nhiệt dung riêng của vật liệu vật mạ, J/kg.K;

t_{dd}, t_v – nhiệt độ của dung dịch và của vật mạ.

Bảng 17.9. Tổn thất nhiệt qua mặt thoáng dung dịch (kJ/ m^2.h)

Nhiệt độ bể, °C	*Tổn thất qua mặt thoáng*	*Nhiệt độ bể, °C*	*Tổn thất từ mặt thoáng*
30	1510	70	15210
40	2640	75	18800
45	3360	80	23200
50	5450	85	26000
55	7130	90	28420
60	9510	95	34400
65	9560	100	41700

Nhiệt dung riêng của một số kim loại như sau:

Nhôm	880 J/kg.K
Sắt	461 J/kg.K
Đồng	419 J/kg.K
Bạc	251 J/kg.K
Kẽm	419 J/kg.K

17.5. ĐIỆN CHIẾU SÁNG

Tiêu chuẩn chiếu sáng tối thiểu trong các phòng của xưởng mạ kê ở bảng 17.10.

Bảng 17.10. Độ chiếu sáng tối thiểu trong các phòng của xưởng mạ

Tên phòng	*Độ sáng tối thiểu E, lux*	*Độ sáng cục bộ chỗ làm việc, lux*
Phòng nguồn điện một chiều	50	50
Phòng quạt thông gió	30	50
Phòng tẩy gỉ, quay bóng, phun cát	30	–
Phòng mạ nhiều lớp cho vật trung bình	40	40
Phòng mạ nhiều lớp cho vật bé	50	50
Phòng mạ bảo vệ – trang sức, mạ Cr dày	60	60
Phòng pha chế dung dịch	40	40
Phòng mài, đánh bóng	60 – 75	–
Phòng thí nghiệm phân xưởng	100	100
Phòng tháo lắp giá treo	15 – 20	–

Phòng cao trên 5m nên chiếu sáng trực tiếp, thấp dưới 5 m có thể chiếu sáng gián tiếp nhờ mặt phản chiếu không bắt bụi.

Có nhiều cách tính chiếu sáng; sau đây là cách *tính hệ số sử dụng*:

– Tự quy định cách chiếu sáng, độ sáng tối thiểu E, từ đó tính ra độ chiếu sáng trung bình E_{tb} (thường E_{tb} = 1,1 – 1,2 E).

– Chọn loại đèn, loại chụp, nơi ẩm ướt, dễ cháy nổ phải chọn loại đèn và chụp chống ẩm, chống nổ.

– Tính chỉ số phòng k và quyết định các hệ số phản xạ:

$$k = a.b/h(a + b) \approx 0,5 - 5$$

trong đó: a,b – chiều rộng và chiều dài phòng, m;

h = 3,5 – 5m là chiều cao treo đèn kể từ bề mặt làm việc.

Chọn hệ số phản xạ của trần nhà ρ_1 và của tường ρ_2 theo bảng 17.11.

– Căn cứ vào chỉ số phòng k và các hệ số phản xạ ρ_1, ρ_2 đã biết, tra bảng 17.12 để tìm hệ số sử dụng quang thông η.

– Tính tổng quang thông F theo công thức:

$$F = E_{tb} . a. b. \eta_2 / \eta. \eta_1, \text{ lumen},$$

trong đó: η_1 = 0,7 là hệ số hấp thụ ánh sáng của thiết bị;

η_2 = 1,25 – 1,5 là hệ số dự trữ bù cho mờ do bụi bặm, đèn già...

– Chọn công suất đèn, tra quang thông của đèn $F_đ$ theo bảng 17.13.

– Tính số lượng đèn n: $n = F / F_đ$.

– Kiểm tra lại: cứ 1 m^2 diện tích chiếu sáng phải đạt 10 – 20 W, nếu không đạt phải chọn lại bóng đèn.

– Quy định thời gian chiếu sáng cho từng nơi: giờ, ngày, năm.

– Lập bảng gồm các cột: nơi chiếu sáng, kích thước và diện tích phòng, E_{tb}, cách chiếu sáng, chiều cao treo đèn, công suất, số bóng, tổng công suất, thời gian chiếu sáng, công suất tiêu thụ.

Bảng 17.11. Hệ số phản xạ của trần ρ_1 và của tường ρ_2

Tính chất bề mặt phản xạ	ρ_1 và ρ_2, %
Trần màu trắng, mới	70
Trần bê tông sạch, trần gỗ bóng	50
Trần bê tông cũ bẩn, trần gỗ không bóng	30
Trần bám nhiều bụi bẩn (phòng mài, kho than)	10
Tường màu trắng mới, cửa số rèm trắng	70
Tường màu trắng mới, cửa sổ không rèm	50
Tường bê tông có cửa sổ	30
Tường dán giấy trắng sạch	30
Tường bẩn, tường gạch không vữa, tường dán giấy sẫm màu	1

Bảng 17.12. Hệ số sử dụng quang thông η, (%)

Chỉ số phòng k	Hệ số phản xạ, ρ_1 và ρ_2					
	30 và 10 (b)	30 và 30 (a) (b)	50 và 30 (a) (b)	50 và 50 (a) (b)	70 và 50 (a) (b)	70 và 70 (a) (b)
0,5	10	8	9	12	13	20
0,6	14	10	12	16	26 17	23
0,7	17	12	15	19	30 20	26
0,8	19	14	16	20	32 21	28
0,9	20	16	17	21	35 23	30
1,0	22	17	19	22	37 24	31
1,1	23	17	19	–	39 25	32
1,25	25	19	21	24	42 28	35
1,5	28	21	23	27	46 30	36
1,75	30	22	25	29	48 32	39
2,0	32	24	27	30	51 34	40
2,25	34	25	28	31	53 36	42
2,5	36	27	29	33	55 37	43
3,0	38	28	31	36	59 39	45
3,5	40	30	33	37	61 41	47
4,0	42	31	35	38	64 43	48
5,0	45	32	54 37	40	67 46	49

Chú thích: a – dùng cho đèn dây tóc, không chụp đèn;

b – dùng cho đèn dây tóc, có chụp màu trắng sữa.

Bảng 17.13. Quang thông $F_đ$ của đèn dây tóc, lumen

Công suất đèn, W	*Đèn, 220 V*	*Công suất đèn, W*	*Đèn, 220 V*
25	198	100	1845
40	340	200	2660
60	540	300	4350
75	698	500	8000
80	1050	1000	18000

17.6. ĐIỆN CHẠY MÁY VÀ HỆ SỐ CÔNG SUẤT TRUNG BÌNH COSφ TOÀN XƯỞNG

Tất cả các động cơ trong xưởng mạ phải chọn và tính toán như sau:

– Chọn loại động cơ: một chiều, xoay chiều, lồng sóc, quấn dây, cách bảo vệ và làm nguội...

– Nêu tính năng kỹ thuật của động cơ: ký hiệu, nơi sản xuất, tốc độ quay, điện thế, số pha, cường độ phần tĩnh, hiệu suất, hệ số công suất cosφ, dòng điện khởi động, dòng điện định mức, trọng lượng.

– Công suất tác dụng P: $P = 1{,}73UI\cos\varphi$ và tính ΣP.

– Công suất phản kháng Q: $Q = 1{,}73UI\sin\varphi$ và tính ΣQ.

– Công suất biểu kiến S: $S = 1{,}73UI$ và tính ΣS.

– Thời gian làm việc trong ngày, trong năm: T

– Điện năng tiêu hao hàng năm: $T\Sigma P$ và $T\Sigma Q$.

– Tính cosφ toàn xưởng: $\mathrm{tg}\,\varphi = (\Sigma Q + \Sigma P_{đ}) / (\Sigma P + \Sigma P_{đ})$

Từ tgφ tính ra φ rồi cosφ.

Cosφ càng lớn càng tốt, bé quá phải cải thiện bằng cách dùng điện dung tĩnh.

Chương 18
THIẾT BỊ THÔNG GIÓ CHO XƯỞNG MẠ

Bảng 18.1. Nồng độ giới hạn cho phép các hơi, khí, bụi độc hại trong không khí nơi làm việc

Chất độc hại	*Nồng độ tối đa, mg/m^3*	*Cấp độ độc hại*	*Trạng thái*
Aminaxetat	100	4	H (hơi hay khí)
Amoniac	20	4	H
Axeton	200	4	H
Xăng (tính ra C)	300	4	H
Dầu hỏa (tính ra C)	300	4	H
Asen hydrua AsH_3	0,3	2	H
Nitơ oxit (tính ra NO_2)	5	2	H
Cacbon oxit CO	20	4	H
Kẽm oxit ZnO	6	3	M (mù hay bụi)
Thủy ngân Hg	0,01	1	H
Chì và hợp chất chì	0,01	1	M
Axit sunfuric	1	2	M
Khí SO_2	10	3	H
Khí H_2S	10	2	H
Cacbon đisunfua CS_2	10	2	H
Dầu thông (tính ra C)	300	4	H
Tetracloetan	10	3	H
Toluen	50	3	H
Tricloetylen	10	3	H
Đicloetan	10	2	H
Phenol	5	3	H
Formaldehyt	0,5	2	H
Fotgen $COCl_2$	0,5	2	H
Hydro photphua PH_3	0,1	1	H

Hydro florua HF	0,5	2	H
Clobenzen	50	3	H
Hydro clorua HCl	5	2	H
Anhydric cromic CrO_3	0,01	1	M
Hydro xyanua HCN	0,3	2	H
Cacbo tetraclorua CCl_4	20	2	H
Rượu etylic	1000	4	H

Quá trình chuẩn bị vật mạ và quá trình mạ thường phát sinh một lượng lớn các loại hơi, khí, bụi... độc hại đối với con người và làm hư hại máy móc thiết bị. Vì thế xưởng mạ nhất thiết phải được trang bị tốt thiết bị thông gió để bảo đảm vệ sinh công nghiệp.

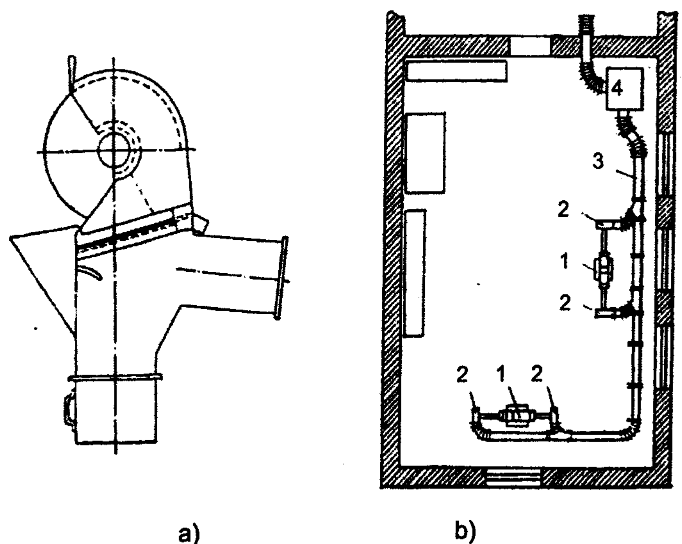
Nồng độ giới hạn cho phép các hơi, khí, bụi độc hại trong không khí nơi làm việc như đã kê trong bảng 18.1.

Việt Nam quy định nồng độ tối đa cho phép các chất độc hại và bụi trong không khí, trong khí thải công nghiệp tại các tiêu chuẩn nhà nước TCVN 5938–1995 và TCVN 5939–1995 (xem phụ lục 13 và 14).

18.1. THÔNG GIÓ CHO PHÒNG MÁY MÀI VÀ ĐÁNH BÓNG

Phòng này phát sinh nhiều bụi kim loại, bụi bông vải, bụi hạt mài và hơi thuốc mài, đánh bóng... nên phải đặt phòng này cách xa phòng mạ, phòng thí nghiệm, đồng thời phải hút bụi cục bộ tại bánh mài, bánh đánh bóng và phải thổi gió tươi mát vào chỗ công nhân thao tác máy. Nên tận dụng thông gió và ánh sáng tự nhiên tối đa cho phòng này.

Để hút bụi cục bộ tại bánh mài, bánh đánh bóng cần trang bị vỏ chụp tương tự như hình 18.1.



***Hình 18.1.** a. Vỏ chụp hút bụi cho đầu máy mài – đánh bóng;*

b. Mặt bằng bố trí hệ thống ống hút bụi.

1. Máy mài – đánh bóng; 2. Vỏ chụp hút bụi; 3. Hệ thống ống hút; 4. Quạt.

Góc mở của miệng vỏ có thể thay đổi được từ 65 đến 150° để gia công được mọi loại chi tiết to nhỏ khác nhau. Đường kính ống hút bụi cho mỗi vỏ phụ thuộc vào đường kính của bánh mài, bánh đánh bóng như sau:

Đường kính bánh mài, mm	300	300 – 600	> 600
Đường kính ống hút bụi, mm	100	125	150

Thể tích khí cần hút khỏi bánh mài – đánh bóng tính theo quy định sau: cứ 1 mm đường kính bánh mài – đánh bóng mới cần phải hút đi 2 m^3 không khí trong 1 h. Hoặc tham khảo và tính theo bảng 18.2.

Bảng 18.2. Thể tích không khí lẫn bụi cần hút cho đầu bánh mài – đánh bóng

Đường kính bánh mài – đánh bóng, mm	*Chiều dày bánh mài – đánh bóng, mm*	*Thể tích không khí cần hút đi, m^3/h*
150	25	350
175	40	450
250	50	550
450	75	800
550	100	950
650	125	1250

Tốc độ không khí trong ống phải đạt 16 – 20 m/s để tốc độ không khí bị hút tại miệng vỏ chụp không thấp hơn 3 – 4 m/s, mới đủ sức hút được bụi kim loại vào ống.

Dọc theo đường ống hút bụi cứ 4 – 5 m cần có một cửa nhỏ để thường xuyên làm vệ sinh lòng ống. Ngay dưới miệng vỏ chụp cũng cần có một *ga bẫy* hứng bụi và có cửa làm vệ sinh.

Không khí hút từ các máy mài – đánh bóng trước khi thải ra ngoài trời phải được làm sạch hết bụi, bẩn. Thiết bị làm sạch có thể là xyclon, buồng lắng, buồng rửa, lọc ướt... (xem mục 18.6).

Trên chỗ nấu keo, gắn cát cần lắp quạt trong tường kiểu ô thông gió, có tốc độ gió tại miệng ô 0,3 – 0,5 m/s.

Để hút bụi cho các thiết bị chải khô cũng làm giống như với hệ mài – đánh bóng. Nếu hàm lượng bụi bẩn trong không khí hút dưới 10 mg/m^3, có thể không cần làm sạch khí trước khi thải, vì khi chạy trong đoạn ống hút dài 12 – 15 m bụi sẽ tự lắng gần hết.

Máy chải ướt có bộ phận cung cấp dung dịch chải thường kèm luôn cả hệ thống hút bụi và mù.

Không khí tươi mát thổi vào phòng từ trên cao 2,5 – 3 m xuống (kể từ sàn); lượng không khí tươi mát thổi vào phòng ít hơn lượng không khí hút ra từ 10 – 15% thể tích. Có thể lắp thêm sưởi điện ở miệng thổi khí vào để mùa đông dễ dàng nâng nhiệt độ phòng đến 20 – 25 °C.

18.2. THÔNG GIÓ CHO PHÒNG PHUN CÁT VÀ PHUN BI KIM LOẠI

Phun cát làm sạch bề mặt kim loại phải dùng tia cát có áp suất lên đến $58,86.10^4$ Pa (6 kg/cm^2), cho nên sau khi đập vào bề mặt kim loại cát sẽ bị vỡ ra thành bụi nhỏ, mịn, dễ phát tán ra ngoài, gây hại cho sức khoẻ con người, đặc biệt là bụi có kích thước từ 2 đến 20 µm. Ngày nay phương pháp phun cát thạch anh khô đã bị cấm ở nhiều quốc gia. Thay vào đó là phương pháp phun cát ướt hoặc phun bi hay cát kim loại.

Phương pháp phun cát ướt làm sạch bề mặt kim loại dùng hỗn hợp cát và nước nén đến áp suất $58,86.10^4$ Pa. Nếu thành phần bụi có trên 50% thạch anh (bụi mịn thạch anh, cát, hạt nhỏ thạch anh...) thì nồng độ tối đa cho phép trong không khí tại phòng làm việc không được vượt quá 1 mg/m^3, còn nếu là các loại bụi khác cho phép tới 10 mg/m^3.

Phòng phun cát phải cách ly khỏi phòng mạ, phòng cơ khí và các phòng kỵ bụi khác. Công nhân vận hành phải đeo mặt nạ chống bụi. Phải trang bị ống cấp không khí tươi mát đến chỗ công nhân đứng làm việc với áp suất $(1,96 - 2,94).10^4$ Pa (0,2 – 0,3 kg/cm^2), lưu lượng 350 – 500 l/ph. Ngoài ra cần đặt hai ống hút ra trên tường cạnh chỗ đứng thao tác, một ống đặt cao 0,8 mm, một ống đặt cao 1,5 – 2,0 m kể từ sàn. Lượng không khí cần hút ra 350 m^3/h cho 1 m^3 phòng phun.

Tủ phun cát loại buồng kín có ống hút bụi đặt ở phía trên cần hút sao cho tốc độ không khí trong ống phải đạt 18 – 20 m/s.

Thể tích không khí cần hút *Q* khỏi máy phun cát, phun bi phụ thuộc vào thể tích buồng phun *V* của chúng như sau:

1. Đối với máy phun cát kiểu kín:

V, m^3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	10
Q, m^3/h	1500	2000	3000	3500	4500	5500	6000	8500

2. Đối với tủ phun bi:

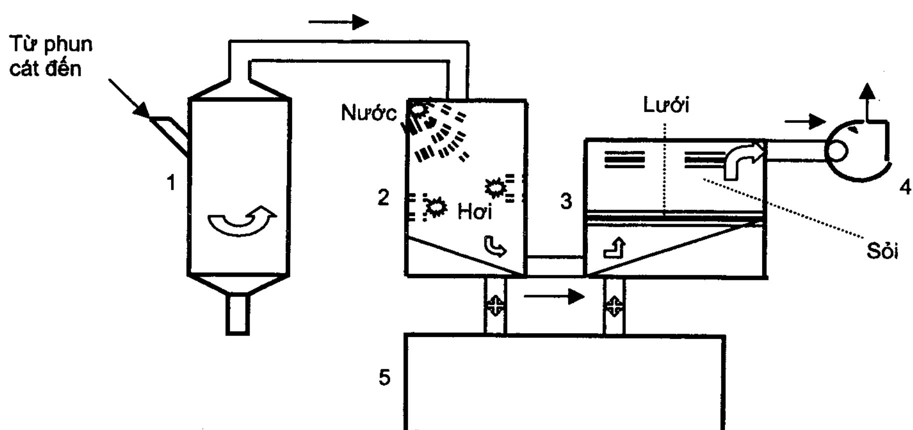
V, m^3	dưới 1	2,1 – 5	5,1 – 10	10,1 – 20	trên 20
Q, m^3/h	2400	3000	4500	6000	10 800

3. Đối với tủ phun cát ướt:

V, m^3	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Q, m^3/h	1200	1800	2100	2400	2700	3000
V, m^3	4	5	6	10	15	20
Q, m^3/h	3300	3600	3900	5100	6000	9000

Nếu thể tích tủ phun cát ướt lớn hơn 20 m^3 thì thể tích không khí cần hút là 9000 cộng thêm 300 m^3 cho mỗi 1 m^3 tủ tăng thêm.

Sơ đồ hút gió của tủ phun cát ướt trình bày tại hình 18.2.



Hình 18.2. Sơ đồ hút khí trong thiết bị phun cát ướt

1. Xyclon; 2. Tủ làm ẩm; 3. Lọc sỏi ướt; 4. Máy hút gió; 5. Bể lắng.

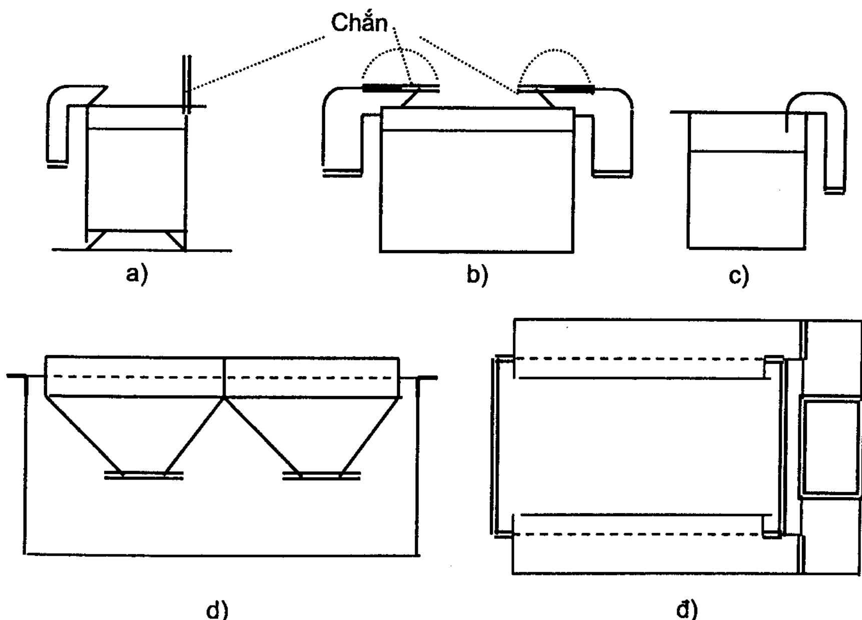
Buồng lọc và phòng làm ẩm chế tạo bằng thép dày 2 mm. Xếp sỏi cỡ hạt 4 – 5 mm lên lưới một lớp dày 200 – 300 mm trong buồng lọc. Không khí đi từ dưới lên, nước từ trên xuống. Lưu lượng không khí qua lớp sỏi lọc này là 1500 – 2000 $m^3/m^2.h$. Nước dùng để tưới trong buồng lọc: 0,2 – 0,6 l/kg không khí. Đôi khi ngoài buồng lọc, sỏi tưới nước còn cho không khí đi qua bể nước hay qua bộ lọc túi hoặc lọc rung ziczăc. Lưu lượng không khí qua lọc rung ziczăc là 40 – 50 m^3/h cho 1 m^2 vải lọc, còn qua lọc túi là 120 – 150 m^3/h cho 1 m^2 vải lọc. Trở lực qua vải lọc là 784,8 – 981 Pa. Cần cung cấp không khí tươi mát vào chỗ làm việc một lượng bằng 95 – 100% lượng không khí đã hút đi.

18.3. THÔNG GIÓ CHO PHÒNG MẠ

Phòng mạ phải thiết kế theo đúng quy định về khoảng cách giữa các thiết bị, diện tích dành cho đường vận chuyển. Chiều cao phòng phải đủ lớn, nếu xưởng có dùng palăng, thiết bị chuyển tải trên các bể thì chiều cao phòng không được dưới 5m. 30 đến 50% cửa sổ phải lắp ô thoáng khí có diện tích không bé hơn 10% diện tích cửa sổ. Phải trang bị các hệ thống hút khí, sưởi, hút ẩm sao cho phòng luôn thông thoáng, nhiệt độ không được dưới 18°C, độ ẩm không lên quá 70 – 75%.

Kho bảo quản hóa chất, nhất là muối xyanua, phải có quạt hút khí ra từ phía dưới. Thể tích không khí cần hút bằng 1 đến 2 thể tích phòng trong 1 h. Cân xyanua và hóa chất khác phải tiến hành trong tủ hút.

Phòng thí nghiệm thông gió cục bộ bằng tủ hút, lưu lượng hút 1 – 1,5 thể tích phòng trong 1 h. Phòng chạy máy, nhiều động cơ cần cấp gió vào chung cả phòng từ dưới thấp, thải khí ra từ trên cao, lưu lượng 1,5 – 2,5 thể tích phòng trong 1 h.

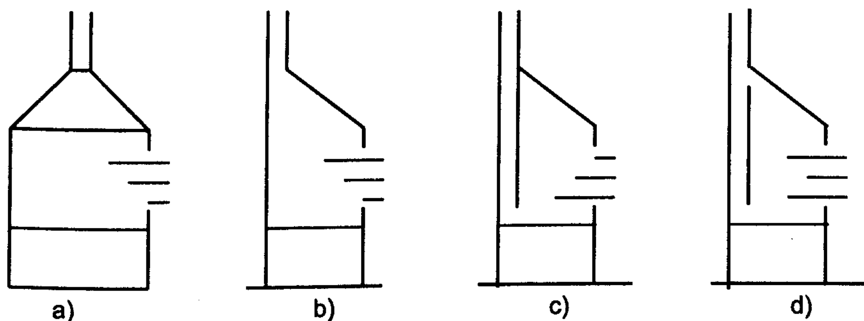


Hình 18.3. Một số kiểu máng hút tại miệng bể

a. Hút một bên khi bể rộng < 0,60 m; b và đ. Hút hai bên khi bể rộng ≥ 0,60 m;
c. Miệng máng hút cần gập sâu xuống nếu mặt thoáng dung dịch thấp hơn miệng bể nhiều (từ 150 – 300 mm); d. Hút nhiều máng khi bể rất dài, mỗi máng chỉ dài 0,6; 0,8; 1,0 m.
Chiều rộng khe hút bằng 0,08 – 0,1 chiều rộng bể.

Các bể tỏa hơi, khí độc hại phải trang bị máng hút khí tại miệng bể (hình 18.3). Bể tỏa nhiều khí độc hại như bể tẩy đồng và hợp kim đồng trong hỗn hợp HNO_3 và H_2SO_4... phải đặt trong tủ hút kín (hình 18.4).

Các bể nằm trong dây chuyền liên hợp thường được trang bị bộ phận hút gió kiểu ô hay kiểu tủ kín. Các bể tỏa nhiều khí độc hại, chiều rộng bể lớn (> 1 m) và thời gian công nghệ dài, ít phải thao tác trên mặt bể nên dùng loại một bên thổi khí sạch, còn bên kia hút khí độc hại, làm như vậy hiệu quả và tiết kiệm hơn. Trong phòng mạ, ngoài việc hút gió cục bộ tại các bể còn phải cấp không khí tươi mát từ phía trên xuống với lưu lượng đủ để pha loãng hơi và khí độc hại đạt mức quy định ở bảng 18.1.



Hình 18.4. Một vài kiểu tủ hút khí độc hại

a và b. Hút khí ở đỉnh tủ; c. Hút khí ở đáy tủ; d. Hút khí ở đỉnh và đáy tủ.

Bảng 18.3. Lượng khí hút qua máng của 1 m chiều dài bể

(t_{kk} = 20 °C; x = 10; K_1 = 1)

Bể gia công	t_{dd}, °C	*v* *m/s*	*Lượng không khí hút, m³/h*					
			Một máng hút		*Hai máng hút*			
			Chiều rộng bể, m					
			0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Tẩy dầu hóa học	70	4,5	780	1050	1300	1600	2160	2700
Tẩy dầu điện hóa	70	6	970	1300	1600	2000	2600	3900
Tẩy gỉ hóa học	20	7	775	1080	1300	1600	2160	2700
Tẩy gỉ điện hóa	40	7	875	1160	1450	1800	2400	3000
Tẩy gỉ hóa học	50	8	1050	1400	1750	2160	2880	3600
Tẩy gỉ hợp kim Al	60	8,2	1150	1300	1900	2300	3120	3900
Xâm thực hóa học	20	6,3	7000	920	1160	1440	1920	2400
Xâm thực điện hóa	50	6,3	870	1150	1450	1800	2400	3000
Photphat hóa	98	3	700	920	1150	1450	1920	2400
Oxy hóa kiềm	140	2	875	1160	1450	1800	2400	3000
Oxy hóa Al axit	20	9,5	1050	1400	1750	2100	2280	3600
Oxy hóa Al trong CrO_3	40	8	970	1300	1000	2000	2640	3300
Mạ khuấy Ni và Zn	40	6	780	1050	1300	1600	2160	2700
Mạ khuấy đồng	20	8	875	1160	1450	1800	2400	3000
Mạ xyanua	20	5,2	580	775	790	1200	1600	2000
Mạ crom	30	11,2	1400	1860	1320	2880	3840	4800
Bóc mạ dung dịch kiềm	60	5	780	1050	1300	1600	2160	2700
Bóc mạ dung dịch axit	20	5	675	775	970	1200	1600	2000
Rửa xà phòng	90	2,5	600	800	1000	1260	1680	2100
Rửa nóng	90	1,8	520	700	870	1040	1440	1800
Tẩm dầu	120	2,8	875	1160	1450	1800	2400	3000
Oxy hóa kim loại màu	60	5,6	780	1050	1300	1600	2160	2700
Mạ thiếc kiềm	80	3,2	700	920	1150	1440	1920	2460

Có nhiều cách xác định lượng khí cần hút Q (m³/h) qua miệng máng hút:

– *Tính lượng khí cần hút* theo công thức sau:

$$Q = [\,(l.\,b.v.K_1.K_2.3600)/x\,] + 20(t_{dd} - t_{kk}),\ \ m^3/h$$

trong đó: l – chiều dài bể cũng là chiều dài máng hút, m;

b – chiều rộng bể cần hút gió, m;

v – tốc độ không khí tại miệng máng hút, m/s;

Hút một bên v_1 = $Q/l: b$.3600 m/s;

Hút hai bên v_2 = $Q/l.b$. 7200 m/s;

x – tỷ số giữa chiều rộng bể với chiều rộng miệng máng hút, thường từ 5 – 20;

t_{dd} – nhiệt độ dung dịch, °C

t_{kk} – nhiệt độ không khí trong phòng, °C;

K_1 – hệ số tính đến khoảng cách từ miệng bể đến mặt thoáng dung dịch:

K_1 = 1 nếu khoảng cách là 0,10 m;

K_1 = 0,95 nếu khoảng cách là 0,15 m;

K_1 = 0,90 nếu khoảng cách là 0,20 m.

K_2 – hệ số xét đến cách thức hút:

Hút một bên K_2 = 1,02

Hút hai bên K_2 = 1,05

Có thể tham khảo và đối chiếu kết quả tính toán với bảng 18.3.

Trường hợp dùng phương thức một bên thổi một bên hút sẽ tính toán như sau:

– Thể tích khí thổi V_t:

$$V_t = 300\,K.\,b^2.\,l,\ m^3/h$$

trong đó: b – chiều rộng bể, m;

l – chiều dài bể, cũng là chiều dài miệng thổi, m;

K – hệ số phụ thuộc nhiệt độ dung dịch:

K = 1 khi nhiệt độ dung dịch 70 – 95 °C;

K = 0,85 khi nhiệt độ dung dịch 60 °C;

K = 0,75 khi nhiệt độ dung dịch 40 °C;

K = 0,5 khi nhiệt độ dung dịch 20 °C.

– Thể tích khí hút V_h:

$$V_h = 6V_t\ \ m^3/h$$

Chiều cao h của miệng máng thổi h = 0,0125b nhưng không bé hơn 5 – 7 mm.

Chiều cao H của miệng máng hút H = 16h, mm.

Tốc độ trung bình của không khí thổi v_t = 6,67 m/s, không được quá 10 – 12 m/s.

Tốc độ không khí ở miệng máng hút v_h = 2,5 m/s.

Phương thức thông gió thổi – hút giảm được 50% lượng khí phải hút, trong khi lượng khí thổi chỉ bằng 20% lượng khí phải hút.

Xác định thể tích khí cần hút bằng bảng và đồ thị

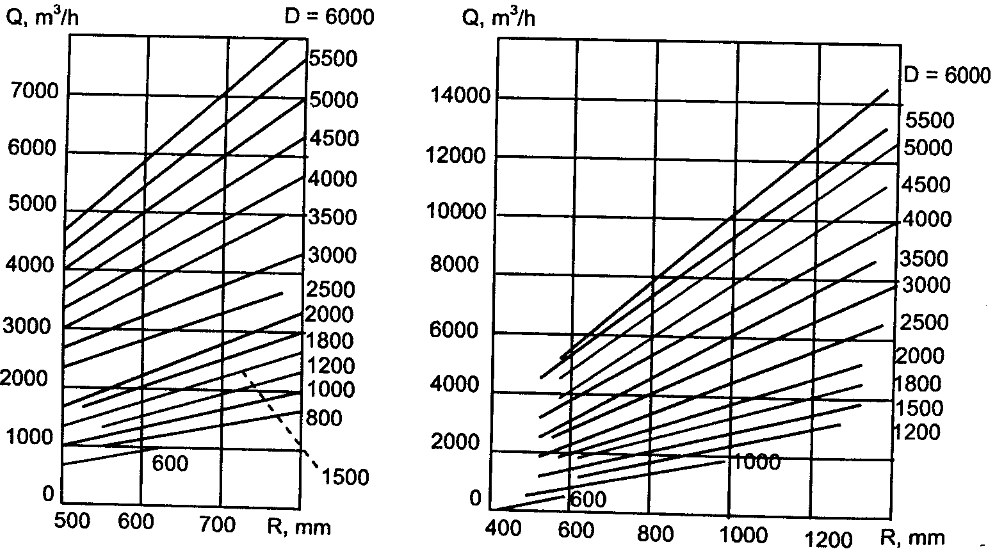
Dựa vào chiều dài và chiều rộng bể, tra đồ thị ở hình 18.5 sẽ biết thể tích không khí cần hút Q ở điều kiện giả định tốc độ không khí tại miệng hút là v = 0,2 m/s. Ở các tốc độ hút khác phải nhân với hệ số k (tra ở bảng 18.4).

Ví dụ: Hãy xác định thể tích không khí cần hút cho bể mạ crom có chiều rộng 800 mm và chiều dài 3000 mm.

Cách làm: Tra đồ thị hình 18.5 được $Q = 4000$ m^3/h.

Tra bảng 18.4 biết mạ crom cần $v = 0{,}4$ m/s nên $k = 2$.

Vậy thể tích khí cần hút là $Q = 4000 \times 2 = 8000$ m^3/h.



Hình 18.5. Đồ thị tra thể tích khí cần hút tại miệng bể

D. Chiều dài bể, mm; R. Chiều rộng bể, mm.

Bảng 18.4. Tốc độ không khí tại miệng hút và hệ số k của các bể

Quá trình	*Tốc độ không khí tại miệng hút v, m³/h*	*Hệ số k*
Tẩy dầu hóa học và điện hóa cho kim loại đen và màu	0,25	1,25
Tẩy gỉ kim loại đen: ở 15 – 20 °C	0,2	1,0
ở 30 – 50 °C	0,25	1,25
Tẩy axit thép không gỉ	0,3	1,5
Tẩy gỉ đồng và hợp kim đồng (trong máy hay tủ tẩy)	0,4	2,0
Tẩy gỉ nhôm, kẽm, chì trong axit HCl	0,2	1,0
Tẩy gỉ điện hóa kim loại đen	0,25	1,25
Hoạt hóa đồng, hợp kim đồng trong dung dịch xyanua	0,21	1,5
Hoạt hóa điện hóa thép	0,3	1,5
Mạ kền, mạ đồng axit có khuấy và đun nóng	0,2	1,0
Mạ kền hóa học	0,2	1,0
Mạ Zn, Cu, Cd, Au, Ag trong dung dịch xyanua	0,3	1,5

Mạ crom	0,4	2,0
Oxy hóa kim loại đen	0,3	1,5
Oxy hóa kim loại màu trong dung dịch amoniac	0,2	1,0
Photphat hóa nóng	0,2	1,0
Tẩy bóng và thụ động đồng trong dung dịch CrO_3	0,25	1,25
Mạ sắt ở nhiệt độ cao	0,25	1,25
Tẩy bóng điện hóa	0,3 – 0,4	1,5 – 2,0
Bóc mạ Ni, Cu, Cr, Zn, Cd, Ag và Pb	0,4	1,5

– Tính sẵn thể tích không khí cần hút khỏi các bể.

Bảng 18.5 kê tốc độ khí tại miệng máng hút và thể tích không khí cần hút cho một số bể đã được tính sẵn.

Bảng 18.5. Thể tích và tốc độ không khí cần hút cho các loại bể

Các bể	*Nhiệt độ, °C*	*Thể tích khí (m^3/h) cần hút cho 1 m^2 mặt dung dịch*			*Tốc độ không khí tại miệng máng hút, m/s*
		Qua máng hút		*Qua máng hút đậy nắp*	
		Tại miệng bể	*Gặp sâu xuống*		
Bể axit đun nóng và khuấy; bể hoạt hóa trong axit đặc	20 – 40	1800	1300	1200	0,5 – 0,7
Bể mạ xyanua Cd, Zn, Cu	20 – 35	2300	1900	1500	1,0 – 1,5
Mạ thiếc trong dung dịch kiềm	70 – 80	3500	2000	2000	0,7 – 1,0
Tẩy dầu mỡ bằng xăng	18 – 25	1800	1300	12100	0,3 – 0,8
Tẩy dầu mỡ bằng hydro – cacbon clo hóa	18 – 25	–	–	–	0,3 – 0,8
Tẩy dầu mỡ hóa học	70 – 85	2400	1700	1500	0,5
Tẩy dầu mỡ điện hóa	60 – 70	2400	1700	1500	0,5
Anot hóa Al trong H_2SO_4	15 – 25	1800	1300	1200	0,5 – 0,7
Anot hóa Al trong H_2CrO_4	40 – 45	2700	2000	1600	0,7 – 1,0
Oxy hóa hóa học nhôm	80 – 100	2500	2000	1500	0,7 – 1,0
Oxy hóa kim loại đen	130 – 145	3750	2200	2200	1,0 – 1,5
Thụ động trong cromat	90 – 95	4000	2800	2500	0,7 – 1,0
Mạ chì	18 – 20	2300	1900	1500	1,0 – 1,5
Photphat hóa	95 – 98	2500	2000	1500	0,5
Mạ crom	35 – 75	5000	3000	3000	1,0 – 1,7
Tẩy bóng điện hóa	70 – 90	4000	2800	2560	0,7 – 1,3

18.4. HỆ THỐNG ỐNG THÔNG GIÓ

Khi ghép các ống hút khí từ các thiết bị riêng lẻ gây ô nhiễm thành các hệ thống ống thông gió, cần tuân thủ các nguyên tắc sau:

– Ống hút từ các bể chứa dung môi hữu cơ ghép riêng thành một hệ thống ống dẫn. Quạt hút dùng loại chống cháy nổ, áp suất thấp.

– Các ống hút từ các bể tẩy gỉ và các bể có tính axit có thể ghép chung thành một hệ thống thông gió. Các bể kiềm và các bể xyanua ghép chung thành một hệ thông gió. Các bể kiềm và axit cũng có thể ghép chung thành một hệ, trừ bể crom và bể xyanua. Quạt và ống phải chống ăn mòn tốt. Dùng quạt áp suất thấp.

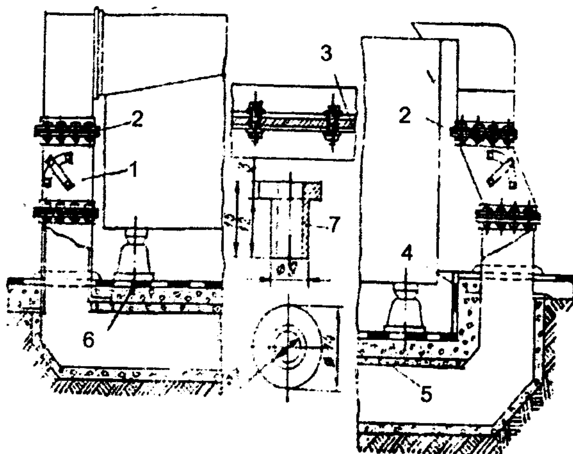
– Các máy mài, đánh bóng ghép chung thành một hay nhiều hệ thống hút bụi, dùng quạt có áp suất trung bình.

Để giảm bớt thể tích khí phải hút cục bộ tại các bể sinh nhiều mù (như bể mạ crom, bể tẩy gỉ...), nên thả các vật nổi trên mặt dung dịch như ống thủy tinh hàn kín hai đầu, bi polyetylen cỡ 40 mm, chất tạo bọt mistrol dùng cho bể mạ crom (của hãng Enthone OMI)... Hoặc dùng kết hợp thêm với phương thức thổi – hút để thông gió cho bể.

Để hứng dung dịch ngưng tụ từ hơi mù trong đường ống thông gió cần bố trí cứ 5 – 7m có một *ga bẫy* thích hợp và định kỳ tháo xả dịch ngưng ra.

Ống dẫn khí hay máng hút làm bằng thép tấm 1,5 mm phải sơn phủ bảo vệ mặt trong để chống ăn mòn. Vật liệu sơn phủ có thể là sơn peclovinyl, bakelit, vinylplase, polyizobutylen, caosu tấm... Có thể dùng tấm chất dẻo cứng vinylplase dày 5 mm làm máng hút và dày 3 mm làm ống dẫn khí, không cần sơn phủ.

Máng hút khí bằng thép bắt lên miệng bể điện phân phải cách điện với hệ thống ống hút để tránh rò điện (hình 18.6).

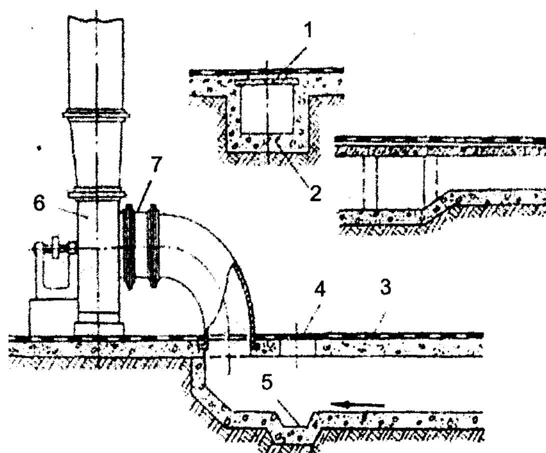


Hình 18.6. Sơ đồ lắp nối máng hút bể mạ crom cách điện với hệ thống ống

1. Van tiết lưu; 2.Cách điện; 3. Đệm cao su; 4. Gạch chịu axit;

5. Bê tông cốt thép; 6. Bê tông; 7. Ống cách điện.

Hệ thống ống hút có thể ghép nối từ các ống tròn hay vuông bằng bê tông cốt thép đặt ngầm thành rãnh dẫn khí ở tầng trệt. Đáy rãnh phải dốc về phía *ga bẫy* để chứa dung dịch ngưng tụ từ hơi mù, phía trên ga bẫy có cửa nhỏ để định kỳ mở ra múc thải dung dịch (hình 18.6). Giữa quạt hút và hệ thống ống được nối với nhau bởi một đoạn ống bằng vải bạt để chống rung.



Hình 18.7. Rãnh ngầm dẫn khí

1. Tấm bê tông cốt thép; 2. Bê tông; 3. Gạch chịu axit; 4. Nắp cửa;
5. Ga bẫy; 6. Quạt; 7. Ống vải bạt.

Chống ăn mòn cho rãnh hút bê tông bằng sơn peclovinyl, nhựa đường...

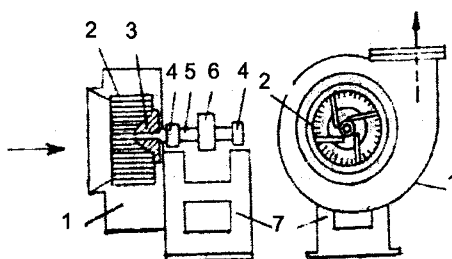
18.5. CHỌN QUẠT THÔNG GIÓ VÀ ĐỘNG CƠ KÉO

Các hệ thống thông gió trong xưởng mạ thường dùng loại quạt ly tâm để hút và thổi không khí. Chia làm ba loại áp suất khác nhau:

– Áp suất thấp 981 Pa (100 kg/m^2) dùng để thông gió cho các bể;

– Áp suất trung bình < 2943 Pa (300 kg/m^2) dùng để hút bụi cho máy mài – đánh bóng;

– Áp suất cao < 11772 Pa (1200 kg/m^2), xưởng mạ không dùng.



Hình 18.8. Cấu tạo quạt ly tâm

1. Vỏ quạt; 2. Lồng quay; 3. Ống lót; 4. Gối đỡ; 5. Trục; 6. Bành đà; 7. Bệ.

Cấu tạo của quạt được giới thiệu trong hình 18.8.

Quạt có loại hút một bên hoặc hai bên, có loại quay phải, theo chiều kim đồng hồ hay quay trái, ngược chiều kim đồng hồ (hình 18.9).

Quạt được động cơ điện kéo, thường trục động cơ được nối với trục quạt nhờ khớp nối. Tùy môi trường sử dụng mà chọn quạt cho thích hợp, ví dụ:

– Loại bình thường – dùng để lưu chuyển không khí hoặc hỗn hợp khí vô hại, không ăn mòn thép cacbon, không chứa bụi quá 100 mg/m^3; làm việc đến 80 °C.

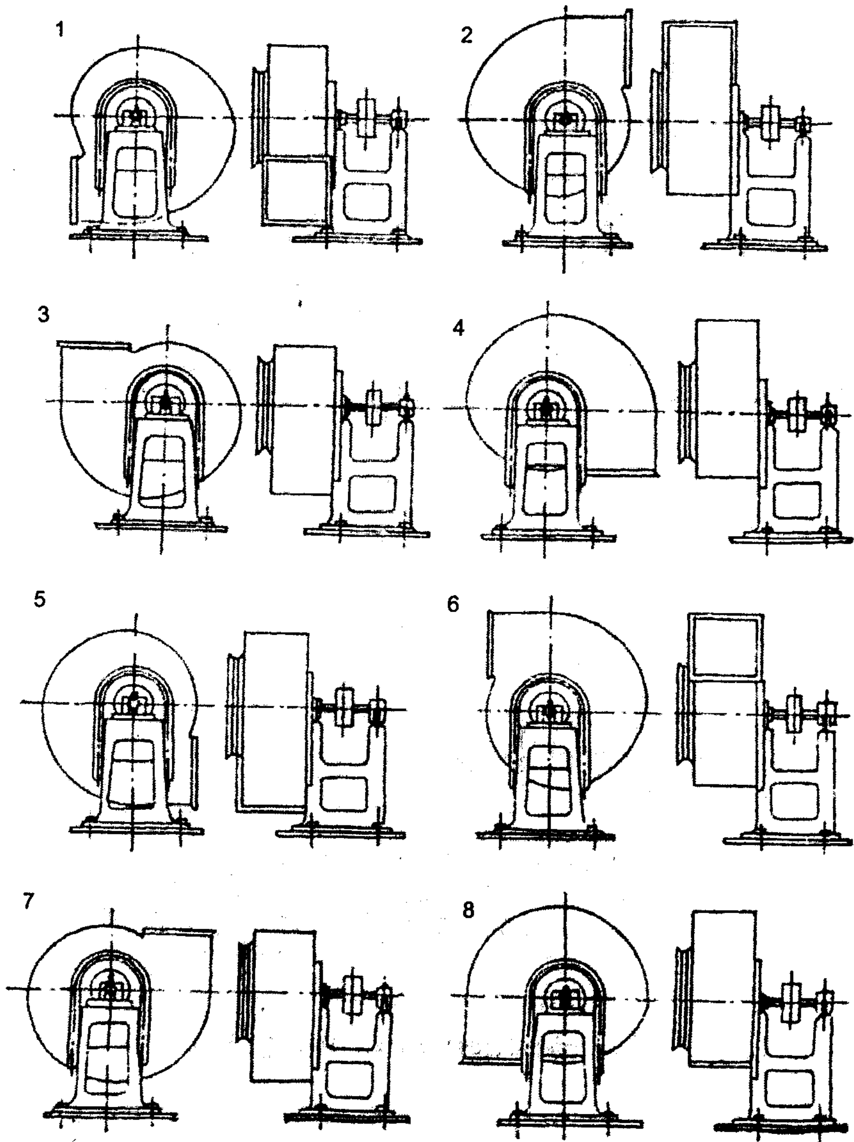
– Loại chống ăn mòn – dùng lưu chuyển khí có tác dụng ăn mòn.

– Loại chống cháy nổ – dùng cho môi trường dễ cháy nổ.

– Loại hút bụi – dùng để hút khí có nhiều bụi hạt thô hay mịn, chứa trên 100 mg/m^3.

Quạt gây rung và ồn, vì vậy thường đặt tập trung trong một vài buồng riêng, trên nóc nhà hay ngoài hiên... để không ảnh hưởng đến công việc và sức khoẻ của công nhân.

Chỗ đặt quạt phải thông thoáng, khô ráo, tránh mưa hắt, nắng rọi trực tiếp vào quạt và động cơ.



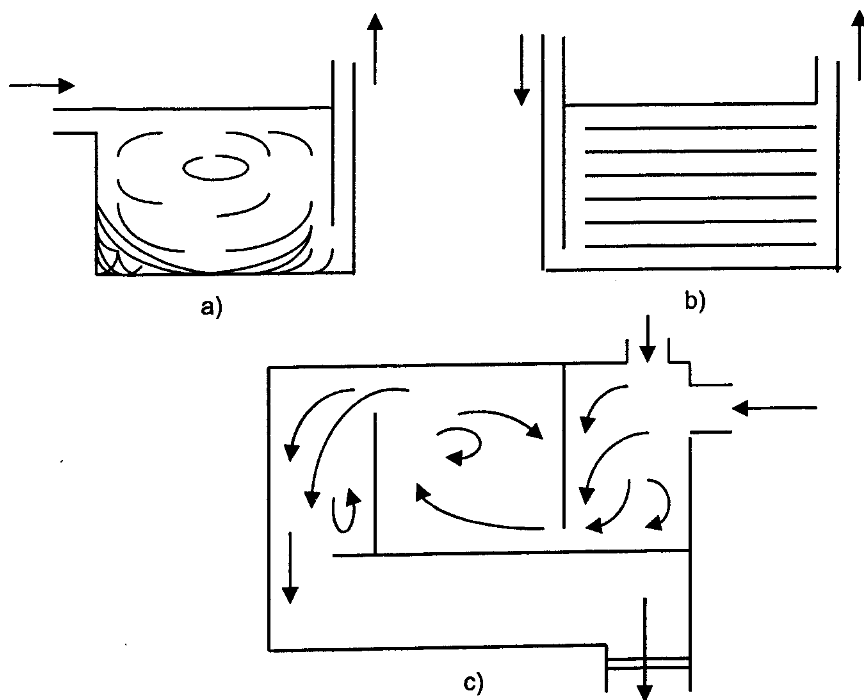
Hình 18.9. Các kiểu loại quạt ly tâm

1 – 4. Quay phải; 5 – 8. Quay trái.

18.6. THIẾT BỊ TÁCH BỤI TRONG KHÍ THẢI

Thiết bị tách bụi dựa trên nguyên lý tác dụng của trọng lực, lực quán tính và lực ly tâm, có thể tách theo phương pháp khô hoặc phương pháp ướt và được chia thành ba nhóm thiết bị: buồng lắng, buồng xoáy lốc (xyclon) và buồng nón tách bụi.

Buồng lắng để lắng bụi to hạt có hàm lượng đến 200 g/m^3 (hình 18.10).



Hình 18.10. Sơ đồ buồng lắng bụi

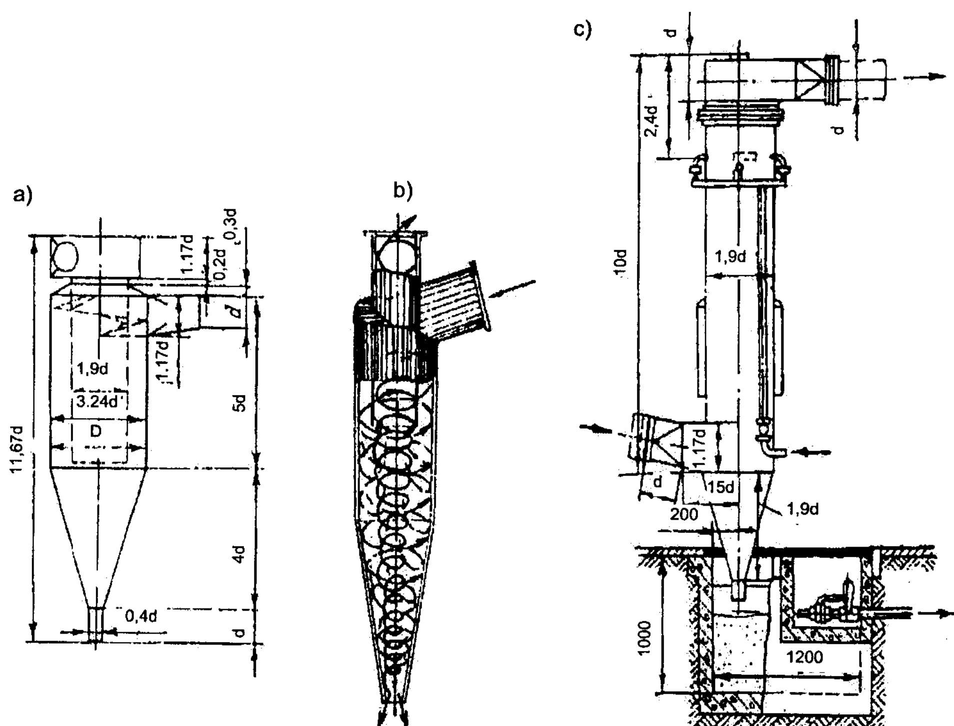
a. Buồng lắng trọng lực lắng hạt to;

b. Buồng lắng bản ngang (hay thẳng đứng) lắng được 50% bụi;

c. Buồng lắng gấp khúc lắng được 55 – 60% bụi.

Buồng xoáy lốc rất hiệu quả, năng suất cao; lắng bằng lực ly tâm (hình 18.11).

Buồng nón và xyclon tách bụi: Buồng nón là một tập hợp các nón có đường kính nhỏ dần lồng cách đều vào nhau và gắn chặt vào khung thép (hình 18.12a). Không khí vào nón lớn, tách bụi và ra khỏi nón bằng khe 60^0, bụi trong nón nhỏ cùng với 5 – 7% không khí theo ống dẫn đến xyclon được tách ra và rơi xuống buồng chứa còn không khí sạch được quạt phóng không (hình 18.12b) ra ngoài. Loại này thường dùng làm sạch bụi cho phòng phun cát, nhờ có bộ tách bụi hình nón mà xyclon có thể nhỏ đi được 3 – 6 lần. Khả năng tách bụi của thiết bị này được kê trong bảng 18.6.

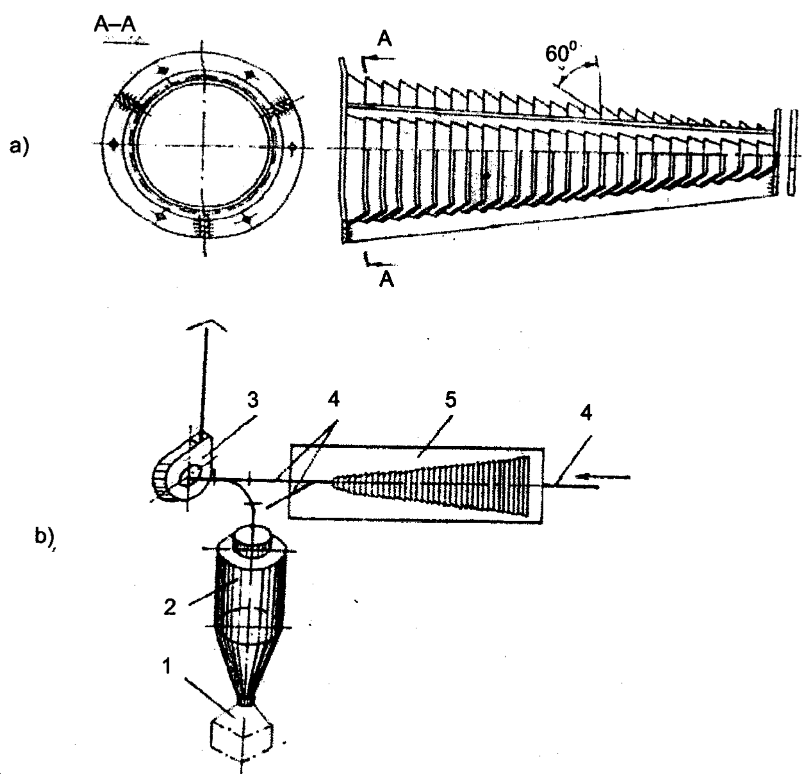


Hình 18.11. Buồng xoáy lốc lắng tách bụi

a. Loại phổ biến; b. Lắng bụi mịn, sạch đến 90%, năng suất 50000 – 60000 m³/h; c. Lắng bụi bằng màng nước, qua hệ lắng kép sạch đến 99%.

Bảng 18.6. Khả năng tách bụi của thiết bị buồng nón – xyclon

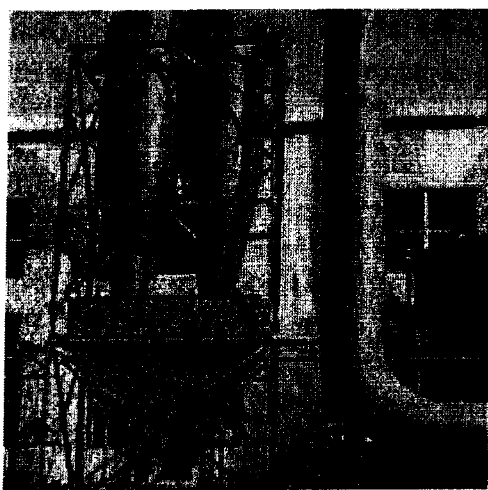
Bụi	*Mật độ bụi, g/cm³*	*Cỡ bụi (μm) được tách ra, % tổng lượng bụi tách*					*Hệ số làm sạch*
		0 – 10	10 – 20	20 – 40	40 – 60	60	
Corunđum	3,58	27,25	22,25	28,25	12,0	10,25	0,97
Than	1,70	44,0	22,0	21,25	10,0	2,75	0,86
Đất, đất sét	2,43	32,35	26,5	20,5	11,5	8,65	0,82



Hình 18.12. Sơ đồ thiết bị tách bụi hình nón và xyclon

a. Bộ tách bụi hình nón; b. Sơ đồ thiết bị tách bụi gồm:

1. Buồng chứa; 2. Xyclon; 3. Quạt; 4. Ống dẫn khí; 5. Bộ tách bụi hình nón.



Hình 18.13. Thiết bị xyclon tách bụi cho bộ phận mài, đánh bóng

Chương 19
NƯỚC TRONG XƯỞNG MẠ

19.1. NƯỚC CẤP CHO XƯỞNG MẠ

19.1.1. Tác hại của tạp chất có trong nước

Xưởng mạ điện dùng nhiều nước để pha chế dung dịch mạ, pha chế các dung dịch tẩy rửa vật mạ, bổ sung vào các bể do bị tổn thất, bị bay hơi và nhất là để rửa vật mạ trước, trong và sau các bước của quy trình công nghệ mạ. Do đó chất lượng nước hay số lượng và chủng loại tạp chứa trong nước pha chế dung dịch và trong nước rửa có ảnh hưởng lớn đến quá trình mạ cũng như chất lượng sản phẩm mạ. Bảng 19.1 cho thấy các tạp chất chứa trong nước đã ảnh hưởng như thế nào đến chất lượng lớp mạ.

Bảng 19.1. Ảnh hưởng của một số tạp chất có trong nước đến các bể mạ

Dung dịch mạ	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	Fe^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	*Tạp hữu cơ*
Cađimi xyanua	1	1	–	4	–	–	–
Cađimi floborat	–	–	–	–	–	2	8,9
Crom	–	5	5	5	–	–	–
Đồng axit	–	–	–	2	–	6	7
Đồng xyanua	1	1	–	1	–	–	10
Đồng floborat	–	–	–	–	–	2	–
Kền sunfat	1	–	11	2, 8,10,11	11	–	4, 8, 10
Bạc xyanua	1	1	–	12	–	13	2, 8
Thiếc kiềm	1	1	–	–	–	–	–
Thiếc axit	–	–	–	–	–	14	–
Kẽm xyanua	1,2	1	–	–	–	–	–
Kẽm sunfat	–	–	–	15	–	–	–

Chú thích: 1. Kết tủa ngay trong bể; 2. Lớp mạ nhám; 3. Lớp mạ xốp; 4. Mờ, ố trên lớp mạ; 5. Giảm khả năng phân bố; 6. Lớp mạ mọc gai; 7. Giảm hàm lượng Cr^{6+}; 8. Kết tủa sọc dài; 9. Kết tủa màu xấu; 10. Rỗ; 11. Lớp mạ giòn; 12. Lớp mạ biến màu; 13. Lớp mạ có vân ngũ sắc; 14. Xuất hiện kết tinh lạ trong lớp mạ; 15. Giảm hiệu suất dòng điện.

Nước máy là nước đã được xử lý, lắng, lọc, khử trùng và có thể đã khử bớt cứng một phần, tuy vậy vẫn còn đến 85 – 135 mg/l muối tạp và chỉ phù hợp cho sinh hoạt, ăn uống của con người. Nước công nghiệp nói chung và nước cho công nghiệp mạ nói riêng có những yêu cầu hoàn toàn khác và đôi khi phải khử cứng triệt để hơn để đạt độ mềm 100%.

Nước dùng để rửa vật mạ, hoặc ít nhất là rửa lần cuối của mỗi khâu trong dây chuyền mạ phải dùng nước mềm (xem mục 3.6).

Nước để pha chế các dung dịch tẩy kiềm và axit ít nhất cũng phải dùng nước mềm.

Nước để pha chế dung dịch mạ tốt nhất là dùng nước cất hoặc nước máy sau khi đã qua trao đổi ion để làm sạch ion canxi, magie, sắt và các kim loại nặng khác.

19.1.2. Tạp chất thường gặp trong các nguồn nước

Tạp chất có hại trong nước gồm các nhóm: cation, anion, cặn đục, khí hòa tan, vi sinh vật và các chất hữu cơ khác... Thành phần hóa học của nước phụ thuộc rất nhiều vào miền đất mà nước ngầm hay nước mặt chảy qua; bảng 19.2 là một ví dụ về thành phần hóa học trung bình của một mẫu nước mặt.

Bảng 19.2. Thành phần hóa học trung bình của nước sông hồ

Thành phần	*% trọng lượng của cặn khô*	*Thành phần*	*% trọng lượng của cặn khô*
CO_3^{2-}	35,2	Ca^{2+}	20,4
SO_4^{2-}	12,4	Mg^{2+}	3,4
Cl^-	5,7	Na^+	5,8
SiO_2	11,7	K^+	2,1
NO_2^-	0,9	Al_2O_3	2,7

Các cation gồm Ca^{2+}, Mg^{2+}, các ion kim loại kiềm, ion kim loại nặng và các ion khác.

Hại nhất là các *ion canxi và magie*, chúng tác dụng với xà phòng (có trong các dung dịch tẩy dầu mỡ) làm giảm tác dụng tẩy rửa và tạo thành các hợp chất không tan gây mờ, ố bề mặt sản phẩm. Nước chảy qua vùng có đá vôi thường chứa canxi, magie và là nguyên nhân tạo nên độ cứng của nước. Nếu Ca^{2+}, Mg^{2+} tồn tại dưới dạng muối cacbonat (CO_3^{2-}) hay bicacbonat (HCO_3^{2-}) thì sau khi đun sôi chúng sẽ bị kết tủa và nước trở thành mềm, nên gọi là nước có độ cứng tạm thời. Nếu chúng tồn tại ở dạng muối khác như sunfat (SO_4^{2-}), clorua (Cl^-) thì đun sôi nước vẫn không kết tủa được chúng, nên gọi là nước có độ cứng vĩnh cửu. Muốn khử độ cứng vĩnh cửu phải xử lý bằng vôi, sođa, trao đổi ion, chưng cất... Nước thường có cả hai loại độ cứng đó, cho nên có độ cứng chung là độ cứng tạm thời + độ cứng vĩnh cửu.

Người ta quy ước *nước mềm* là nước có hàm lượng các muối cacbonat của các kim loại hóa trị +2 quy đổi ra $CaCO_3$ nhỏ hơn 50 mg/l; *nước cứng trung bình* có chứa hàm lượng muối quy đổi ra $CaCO_3$ khoảng 150 mg/l; *nước rất cứng* có chứa hàm lượng muối quy đổi ra $CaCO_3$ trên 300 mg/l. Còn có cách khác phân loại nước chi tiết hơn là

phân loại nước theo độ cứng chung bằng milimol/kilogam hay mili đương lượng gam/kilogam, cụ thể là: nước rất mềm: dưới 1,5; nước mềm: 1,5 – 3; hơi cứng – 3 – 6; cứng: 6 – 9; rất cứng: trên 9.

Nước tự nhiên có thể chứa từ 10 đến 1800 mg/l canxi và magie.

Nước ngầm thường còn chứa các *ion sắt và mangan*, làm nước đục và có màu, do:

Fe^{2+} oxy hóa thành Fe^{3+} có màu mâu đỏ, dễ kết tủa;

Mn^{2+} oxy hóa thành Mn^{4+} có màu đen, dễ sinh keo.

Nước có hàm lượng sắt lớn hơn 0,3 mg/l và mangan lớn hơn 0,05 mg/l gây mùi tanh và có màu.

Sắt và mangan gây nhiều tác hại cho các bể mạ (xem bảng 19.1).

Hai ion này thường được loại bỏ phần lớn trong các quy trình sản xuất ra nước máy.

Các *ion natri và kali* thường không ảnh hưởng gì đến các quá trình mạ điện, trừ hai trường hợp:

– Dung dịch mạ kền chứa nhiều các ion này sẽ làm lớp mạ giòn và không dùng được mật độ dòng điện cao;

– Nước rửa lần cuối chứa nhiều các ion này sẽ không sạch, dễ gây ăn mòn.

Độ axit (pH thấp) của nước mặt là do hấp phụ khí CO_2 từ không khí hay từ quá trình oxy hóa sinh học các chất hữu cơ trong nước để biến thành axit H_2CO_3 hoặc do nhiễm bẩn nước thải công nghiệp, nước thải sinh hoạt... Độ axit của nước ngầm là do hòa tan các axit vô cơ khi nước chảy qua các vùng mỏ hay các lớp khoáng có chứa các hợp chất của lưu huỳnh như MeS hay FeS_2..., vì vậy dù có trung hòa và lọc sạch cũng vẫn còn chứa nhiều ion sunfat, không nên dùng cho xưởng mạ. Độ kiềm của nước tự nhiên là do các muối của axit yếu, kiềm yếu và kiềm (cacbonat, bicacbonat, hydroxit) gây nên và là nguyên nhân gây nên độ cứng của nước.

Anion trong nước thường đi kèm với các cation trong các muối. Các anion thường gặp nhất là bicacbonat, sunfat, clorua, nitrat.

Bicacbonat thường gặp nhất trong nước, gây ra độ kiềm cho nước, khi đun nóng chúng sẽ chuyển thành cacbonat, chất này kết hợp với canxi rồi kết tủa thành cặn bám trong bình đun. Bicacbonat gặp môi trường pH cao sẽ biến thành cacbonat, nếu gặp môi trường pH thấp chuyển thành khí cacbonic, nên bicacbonat có tác dụng đệm trong nước.

Nhiều khi nước còn chứa riêng lẻ hay đồng thời các anion nitrat, silicat, florua, sunfua gây bất lợi cho nhiều bể mạ.

Độ đục của nước là do các hạt rắn lơ lửng, các chất hữu cơ phân rã hay động thực vật sống trong nước gây nên. Các chất gây đục có thể chiếm từ 1 đến 28000 mg trong 1 lít nước tùy từng loại nguồn nước khác nhau. Nước dùng cho xưởng mạ hàm lượng các chất này không được vượt quá 10 mg/l.

Màu sắc của nước: Ngoài sắt và mangan làm cho nước ngầm có màu như đã nói ở trên, còn có các chất hữu cơ, các chất màu tiết ra từ thực vật làm cho nước mặt có màu, loại này rất khó xử lý và gây nhiều khó khăn cho việc vận hành các bể mạ và bể điện phân.

Tạp chất hữu cơ có loại làm cho nước bốc mùi, có loại bám vào thành ống dẫn hay lắng thành bùn cặn. Tạp chất hữu cơ trong nước cần được làm sạch bằng clo hay hợp chất của clo hoặc các chất oxy hóa khác trước khi cấp cho xưởng mạ.

Khí hòa tan trong nước thường gặp nhất là cacbonic, oxy, nitơ, đôi khi có cả metan.

CO_2 sinh ra do chất hữu cơ phân hủy, do bicacbonat trong nước tác dụng với chất đông tụ hay với axit, gây ăn mòn hay tham gia tạo thành axit H_2CO_3 làm giảm pH dung dịch cũng gây ăn mòn, không có lợi.

O_2, N_2 hòa tan trong nước do nước tiếp xúc lâu với không khí. Đun nóng hay sôi sẽ đuổi được phần lớn chúng ra khỏi nước. Nitơ là khí trơ nên vô hại, còn oxy rất hoạt động nên ăn mòn sắt thép rất mạnh, nhất là trong nước nóng, trong ống dẫn nước hay dung dịch nóng, trong ống của thiết bị trao đổi nhiệt. Tác dụng ăn mòn mạnh nhất của oxy hòa tan xảy ra ở 71 – 82 °C. Trong công nghệ mạ, tác dụng ăn mòn của oxy hòa tan không lớn. Riêng trường hợp mạ sắt từ dung dịch chứa Fe^{2+} thì oxy hòa tan có tác hại lớn đến quá trình và chất lượng mạ sắt.

Nước có chứa kim loại nặng như Pb, Cu, Ni, Cd, Hg, Sn, Cr... chủ yếu là do nguồn nước bị nhiễm nước thải công nghiệp hay nước thải đô thị.

Nước tự nhiên thường chứa nhiều tạp chất rất khác nhau nên cần phải xử lý, làm sạch trước khi dùng cho sinh hoạt hàng ngày. Việt Nam quy định tiêu chuẩn cho nước sinh hoạt tối thiểu phải đạt mục A của TCVN 5945–1995 (bảng 19.5).

Tóm lại nước tự nhiên thường chứa nhiều tạp chất bất lợi cho công nghệ mạ; nước máy chủ yếu sản xuất để cấp cho sinh hoạt nên có khá hơn nhưng vẫn là nước cứng, vì vậy chỉ dùng để rửa vật mạ, thậm chí đôi khi khâu rửa cuối cùng cũng không được phép dùng nước máy mà phải dùng nước mềm hơn. Nước pha chế dung dịch phải dùng nước máy sau khi đã qua xử lý cho sạch hơn phù hợp với yêu cầu của ngành công nghiệp điện hóa.

19.1.3. Các phương pháp làm sạch nước

Lọc nước tự nhiên qua 3 – 4 lớp vật liệu lọc từ trên xuống là: cát, sỏi, than, vôi là phương pháp rất phổ biến. Dùng than củi, than antraxit hay than hoạt tính để khử mùi, khử màu, loại bỏ clo và chất hữu cơ. Vôi tôi chỉ dùng cho trường hợp nước có độ pH thấp để khử cứng. Riêng than hoạt tính phải thay mới mỗi khi làm vệ sinh lớp lọc.

Chất huyền phù rắn cỡ lớn bị giữ lại trong lớp vật liệu lọc nên nước lọc sạch hơn nhưng vẫn còn chứa các hạt huyền phù rất mịn. Để lọc có hiệu quả, cần khống chế tốc độ lọc không vượt quá 12 l/ph cho 10 dm^2 diện tích sàn lọc. Sau một thời gian sử dụng phải làm vệ sinh lớp vật liệu lọc. Có thể làm sạch lớp vật liệu lọc bằng cách bơm nước chảy ngược chiều với tốc độ 60 l/ph cho 10 dm^2 diện tích sàn lọc để rửa cho đến khi nào thật sạch.

Hiện nay trên thị trường có bán các thiết bị lọc nước đơn giản phục vụ dân sinh với nhiều kích cỡ, công suất khác nhau.

Lắng trong nước tự nhiên để loại bỏ các hạt rắn lơ lửng. Các hạt huyền phù nhỏ khó lắng, phải dùng phèn chua, sắt (II) sunfat, hay chất trợ lắng thương phẩm nào đó. Lắng trong cùng với các chất trên diễn ra theo ba giai đoạn: 1. Khuấy mạnh để trộn đều nước với chất trợ lắng (5 ph); 2. Chất trợ lắng gắn kết huyền phù lại thành hạt to (30 ph); 3. Lắng trong (2 h). Cần sản lượng nước ít có thể tiến hành từng mẻ gián đoạn trong các bể; cần sản lượng nước lớn có thể ngăn bể thành ba khoang thông nhau và lớn nhỏ khác nhau ứng với ba giai đoạn trên, nước nguyên liệu liên tục vào khoang 1, nước thành phẩm liên tục ra khỏi khoang 3. Mỗi chất trợ lắng đòi hỏi một giá trị pH riêng, vì vậy cần chỉnh pH của nước theo yêu cầu chất trợ lắng để tăng hiệu quả và tốc độ lắng, ví dụ đối với phèn nhôm tốt nhất là dùng pH 5.

Nước thành phẩm có thể còn lẫn một ít chất trợ lắng, nếu cần phải lọc bỏ.

Làm mềm nước bằng vôi: Nước tự nhiên được khử cứng bằng vôi tôi hay bằng hỗn hợp vôi tôi với natri cacbonat sẽ làm kết tủa magie và canxi dưới dạng muối cacbonat, sau đó được lắng hay lọc bỏ đi. Có thể tiến hành khử ở nhiệt độ thường hoặc nhiệt độ cao. Khử ở nhiệt độ thường được tiến hành trong thiết bị tương tự như thiết bị lắng nói trên. Làm mềm nước ở nhiệt độ cao tiến hành trong thiết bị kín dưới áp suất và đun nóng lên trên 100 °C (tùy áp suất) cho đến sôi. Khử cứng nhiệt độ cao nhanh và triệt để hơn.

Khử sắt có nhiều cách:

Oxy hóa sắt hóa trị hai tan trong nước thành sắt hóa trị ba dễ kết tủa bằng oxy của không khí (sục không khí, chảy thành dàn mưa...) hay bằng chất oxy hóa nào đó, sau đó lọc hoặc lắng bỏ cặn sắt. Cách này thích hợp khi hàm lượng sắt trong nước lớn.

Nước tự nhiên sau khi đã qua lắng hay lọc sạch cặn rắn lơ lửng có thể đồng thời làm mềm nước và loại bỏ ion sắt cùng với các ion kim loại nặng khác bằng nhựa trao đổi ion. Cách này thích hợp với nước có hàm lượng sắt tương đối bé, sản lượng bé.

Trao đổi ion sẽ cho nước rất sạch, không còn tạp dưới dạng cation và anion nữa. Khi cho nước đi qua lớp hạt nhựa cationit thì cation tạp trong nước chiếm chỗ của cation H^+ trong nhựa. Kết quả là cation tạp bị giữ lại trong nhựa, nước được làm sạch nhưng lại tăng tính axit lên. Sau đó cho nước qua tiếp lớp hạt nhựa aniont thì các anion tạp trong nước trao đổi chỗ với anion OH^- của nhựa. Kết quả cuối cùng là nước được làm sạch hết các loại ion tạp và trở thành trung tính.

Sau một thời hạn làm việc nhất định, nhựa được tái sinh để dùng trở lại. Có thể tái sinh và sử dụng lại rất nhiều chu kỳ. Cationit tái sinh theo cách rửa lọc bằng dung dịch axit loãng (HCl hay H_2SO_4 3 – 10%). Anionit tái sinh theo cách rửa lọc bằng dung dịch kiềm loãng (NaOH hay $NaCO_3$ 3 – 5%).

Hiện nay trên thị trường có bán sẵn các thiết bị trao đổi ion cùng với nhiều loại nhựa cationit và anionit khác nhau, có những chỉ tiêu kỹ thuật khác nhau được thuyết minh rõ ràng, rất phù hợp với các xưởng mạ vừa và nhỏ. Căn cứ vào đó mà chọn loại nhựa phù hợp với yêu cầu công nghệ.

19.2. NƯỚC THẢI VÀ XỬ LÝ NƯỚC THẢI XƯỞNG MẠ

Bảng 19.3. Thành phần nước thải của một xưởng mạ

Thành phần tạp chất	*Hàm lượng, mg/l*		*Hàm lượng trong nước sạch trước khi rửa, mg/l*
	Trung bình	*Cực đại*	
Fe	Thay đổi rất rộng	Thay đổi rất rộng	2 – 10
CN	30	500	0 – 0,2
Fe^{2+}	–	–	0,4
Cu	20	100	0,4
Zn	15	50	0,3 – 15
Cd	15	50	0,3
Ni	25	200	–
Pb	0	30	0,35
Cr^{6+}	50	600	0,5 – 2
Cl_2 trong kết tủa	0	0	–
NH_3 hay NH_4^+	–	–	2
Axit tự do (H_2SO_4)	75	500	–
Dầu mỡ	–	–	20
Kiềm (NaOH)	50	300	–
pH	Rất khác nhau	Rất khác nhau	6,3 – 9

Lượng nước thải của xưởng mạ không phải là lớn so với nhiều nhà máy sản xuất khác, nhưng lại chứa nhiều loại chất độc hại cho môi trường, gây ăn mòn mạnh máy móc thiết bị và hệ thống dẫn thải. Thành phần nước thải dao động rất lớn, phụ thuộc vào từng xưởng mạ và từng thời điểm khác nhau của cùng một xưởng. Bảng 19.3 kê các số liệu về thành phần nước thải của một xưởng mạ lớn, thiết nghĩ nó cũng phản ánh phần nào cho thành phần nước thải chung của nhiều xưởng mạ khác.

Xử lý nước thải xưởng mạ là làm sạch nước thải khỏi tạp chất rắn, bùn cặn và các chất độc hại bằng các thiết bị và phương pháp đơn giản, ít tốn kém nhất. Vì vậy để thiết kế bộ phận xử lý nước thải xưởng mạ, trước tiên cần xác định các dữ liệu sau đây:

1. Tổng thể tích nước thải xả ra trong một ngày;
2. Những quy định của địa phương sở tại về thành phần và nồng độ nước thải được phép xả ra môi trường;
3. Diễn giải rõ từng quá trình mạ và lượng nước mà nó sẽ thải ra;

4. Tính toán lại các khâu trong dây chuyền mạ nhằm giảm thiểu mức tiêu thụ hóa chất và nước đến mức thấp nhất có thể được;
5. Xác định tổng lượng nước thải thực tế xả ra và tổng lượng hóa chất tiêu thụ;
6. Cân nhắc, tính toán để chọn đúng phương pháp và công nghệ làm sạch nước thải;
7. Thiết kế thiết bị xử lý nước thải;
8. Tính giá thành xây lắp và các chi phí vận hành khai thác;
9. Xem xét và so sánh các chỉ tiêu kinh tế đã tính toán được với các chỉ tiêu của nhiều phương pháp xử lý nước thải hiện hành khác;
10. Trường hợp thiết bị xử lý nước thải tính toán ra rất lớn và phức tạp thì nên xây dựng mô hình nhỏ và thí nghiệm trước để kiểm tra lại các số liệu đã thiết kế.

Tất cả các hóa chất dùng trong xưởng mạ đều có thể có mặt trong nước thải do nhiều nguyên nhân:

1. Cố ý thải bỏ hóa chất hay dung dịch hóa chất xuống rãnh nước thải;
2. Do vô tình làm vương vãi, đổ vỡ, rò rỉ...;
3. Do bay hơi, hút theo hệ thống quạt thông gió sau đó được ngưng tụ lại và thải xuống nền nhà, cống rãnh;
4. Do rửa vật mạ mỗi khi chuyển chúng từ bể này sang bể khác và rửa thành phẩm lần cuối;
5. Do vương vãi khi pha chế, lọc, bơm chuyển dung dịch, sửa chữa thiết bị...

Vật cần mạ sau khi gia công trong các dung dịch khác nhau đều mang theo một lượng hóa chất đáng kể vào nước rửa. Lượng nước rửa lại luôn chiếm tỷ lệ rất lớn trong nước thải của xưởng mạ. Nếu sau mỗi bể mạ đều áp dụng cách rửa thu hồi, thì lượng nước rửa thải ra sẽ giảm đi khá lớn, công việc xử lý nước thải sẽ giảm nhẹ đi rất nhiều, đồng thời dễ xử lý nước thải đến mức triệt để hơn (xem mục 3.6).

Để tránh độc hại và để thuận tiện cho việc xử lý nước thải, cần thiết kế xưởng mạ và bố trí bể mạ sao cho có thể phân riêng chúng thành ba loại nước thải:

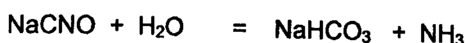
1. Nước thải chứa xyanua (có thể hợp chung với nước thải kiềm);
2. Nước thải chứa hợp chất crom (có thể hợp chung với nước thải axit);
3. Nước thải kiềm – axit (có thể hợp chung với nước thải khác).

Xử lý nước thải bằng hóa chất là phương pháp phổ biến nhất.

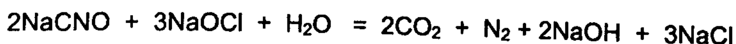
Xử lý nước thải nhiễm xyanua bằng cách oxy hóa nó trong môi trường kiềm thành chất ít hoặc không độc hại. Chất oxy hóa thường dùng là clo hay hợp chất của clo. Ví dụ oxy hóa bằng natri hypoclorit (nước javel) sẽ xảy ra các phản ứng:



$$NaCN + NaOCl = NaCNO + NaCl$$



$$NaCNO + H_2O = NaHCO_3 + NH_3$$



$$2NaCNO + 3NaOCl + H_2O = 2CO_2 + N_2 + 2NaOH + 3NaCl$$

Các hóa chất cần cho khâu xử lý này được kê trong bảng 19.4.

Bảng 19.4. Hóa chất cần để phân hủy xyanua

Hóa chất	*Lượng hóa chất cần để xử lý 1 kg NaCN, kg*			
	Chuyển xyanua đến CNO^-	*Chuyển xyanua đến CO_2 và N_2*	*Khử lượng Cl_2 dư*	*Tổng cộng*
Cl_2	1,45	3,20	–	4,65
NaOH	1,64	2,51	–	4,15
$NaHSO_3$	–	–	0,7	0,7

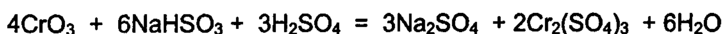
Ngoài ra clo còn oxy hóa các tạp chất khác có lẫn trong nước thải nên lượng tiêu tốn clo còn cao hơn một ít.

Xử lý nước thải nhiễm crom bằng cách khử Cr^{6+} thành Cr^{3+} rồi kiềm hóa để kết tủa dưới dạng $Cr(OH)_3$ và lắng hay lọc để loại bỏ.

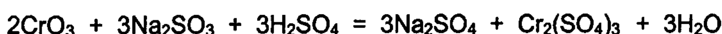
– Chất khử có thể là khí SO_2, natri bisunfit $NaHSO_3$, natri sunfit Na_2SO_3, natri hydrosunfit $Na_2S_2O_4$ (đắt tiền, không nên dùng), natri pyrosunfit $Na_2S_2O_5$ (đắt tiền, không nên dùng ở đây), sắt (II) sunfat $FeSO_4.7H_2O$... Các phản ứng khử xảy ra như sau:



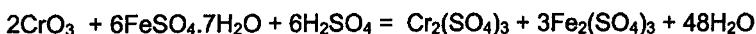
$$2CrO_3 + 3SO_2 = Cr_2(SO_4)_3$$



$$4CrO_3 + 6NaHSO_3 + 3H_2SO_4 = 3Na_2SO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$



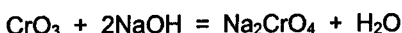
$$2CrO_3 + 3Na_2SO_3 + 3H_2SO_4 = 3Na_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$



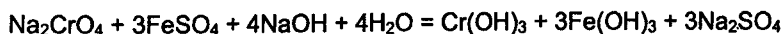
$$2CrO_3 + 6FeSO_4.7H_2O + 6H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 48H_2O$$

Phải luôn kiểm tra và khống chế pH môi trường xử lý để có giá trị từ 2,5 – 3,5. Sau khi khử Cr^{6+} xong, kết tủa Cr^{3+} dưới dạng $Cr(OH)_3$ bằng vôi tôi, nước thải kiềm, dung dịch kiềm cũ, hỏng...

– Tiết kiệm nhất là khử Cr^{6+} bằng Fe^{2+} trong môi trường kiềm:



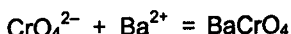
$$CrO_3 + 2NaOH = Na_2CrO_4 + H_2O$$



$$Na_2CrO_4 + 3FeSO_4 + 4NaOH + 4H_2O = Cr(OH)_3 + 3Fe(OH)_3 + 3Na_2SO_4$$

Có thể thay NaOH bằng nước vôi tôi, nước thải kiềm hoặc các dung dịch tẩy dầu mỡ đã hết hạn dùng.

– Kết tủa Cr^{6+} bằng hợp chất bari rồi lắng lọc và loại bỏ $BaCrO_4$:



$$CrO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaCrO_4$$

Hợp chất bari có thể dùng:

Bari sunfit – nay ít dùng; bari clorua – dễ tan, dùng khá tiện lợi; bari cacbonat – giá rẻ, chỉ tan trong môi trường axit nhưng độ hòa tan thấp (khoảng 17 mg/l), lắng kết rất nhanh. Sau khi xử lý bằng các hợp chất bari, trong nước thải vẫn còn 7 mg/l ion Cr^{6+} và 3,8 mg/l ion Ba^{2+}, cao hơn nồng độ Cr^{6+} cho phép thải ra môi trường (xem phụ lục 15).

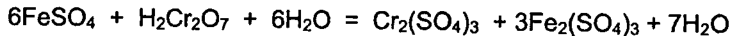
Vì thế phải xử lý tiếp bằng phương pháp khác để đạt được tiêu chuẩn quy định trước khi xả ra môi trường.

– Khử Cr^{6+} trong nước thải bằng phương pháp điện hóa trong bể điện phân dùng anot sắt hy sinh trong môi trường axit (dùng loại H_2SO_4 từ các bể tẩy axit loại ra). Anot sắt tan ra thành $FeSO_4$:



$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + 2H^+ + 2e$$

$FeSO_4$ sẽ khử Cr^6+ trong dung dịch:



$$6FeSO_4 + H_2Cr_2O_7 + 6H_2O = Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

Trong khi đó trên catot xảy ra phản ứng:



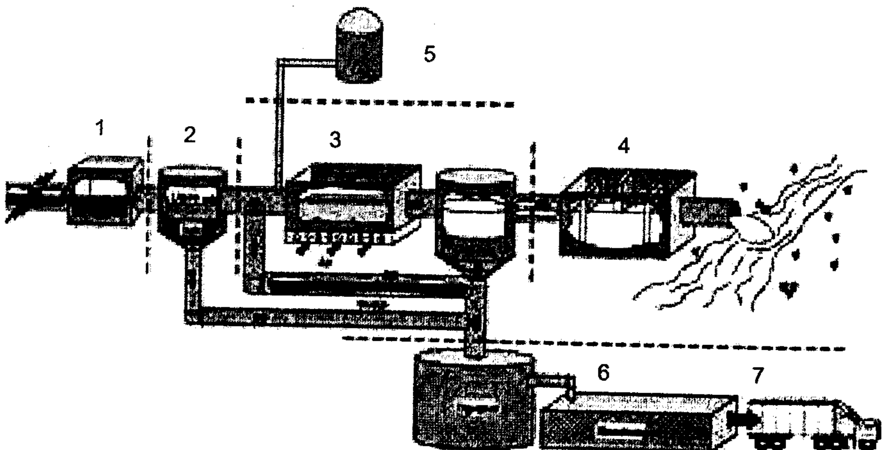
$$3Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O + 6e = 6FeSO_4 + 3H_2SO_4$$

Sản phẩm phản ứng catot được dùng trở lại cho hai phản ứng trên, vì vậy phương pháp này rất thân thiện với môi trường. Anot phải đặt trong không gian riêng để tránh Cr^{3+} bị oxy hóa trở lại thành Cr^{6+}.

Xử lý nước thải kiềm – axit: Nguồn nước thải axit nếu không được dùng cho phản ứng khử Cr^{6+} nói trên phải được trung hòa đến pH 8,5 – 9 bằng vôi tôi, nước thải kiềm, nước thải sau xử lý tách crom, nước thải sau xử lý xyanua, hay dung dịch kiềm... để loại bỏ axit và để kết tủa các kim loại nặng có trong nước thải. Sau khi lắng gạn loại bỏ cặn bẩn, nước trước khi thải ra môi trường phải được trung hòa lại đến pH trung tính.

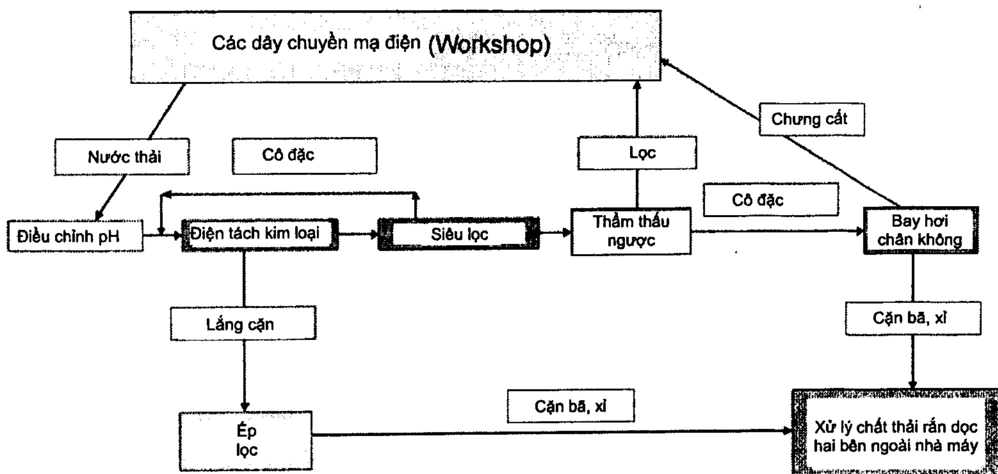
Nước thải xưởng mạ sau khi xử lý phải đạt tiêu chuẩn TCVN 5945–1995 (bảng 19.5) mới được thải ra môi trường hoặc sử dụng lại tùy theo chất lượng nước sau xử lý.

Hình 19.1A trình bày sơ đồ nguyên tắc của một xưởng xử lý nước thải. Hình 19.1B là sơ đồ quy trình xử lý và tái sử dụng hầu hết nước thải.



Hình 19.1A. Sơ đồ nguyên tắc xưởng xử lý nước thải

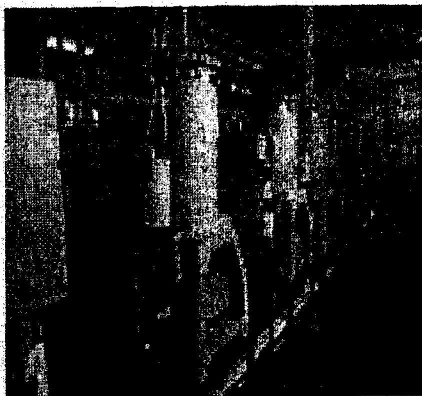
1. Xử lý sơ bộ; 2. Xử lý lần 1; 3. Xử lý lần 2 (sục khí, loại bùn); 4. Xử lý lần cuối; 5. Cấp hóa chất; 6. Chuyển hóa và tách nước; 7. Loại bỏ chất thải rắn.



Hình 19.1B. Sơ đồ quy trình xử lý và tái sử dụng hết nước thải mạ điện

Hình 19.2 dưới đây giới thiệu một số thiết bị trong xưởng xử lý nước thải của nhà máy mạ điện.





Hình 19.2. Một số thiết bị xử lý nước thải nhà máy mạ điện

Bảng 19.5. Nồng độ giới hạn các chất ô nhiễm trong nước thải công nghiệp (TCVN 5945 – 1995)

Thông số	*Đơn vị*	*Giá trị giới hạn*		
		A	*B*	*C*
Nhiệt độ	°C	40	40	45
pH	–	6 – 9	5,5 – 9	5 – 9
BOD (20 °C)	mg/l	20	50	100
COD	mg/l	50	100	400
Chất rắn lơ lửng	mg/l	50	100	200

Asen	mg/l	0,05	0,1	0,5
Cađimi	mg/l	0,01	0,02	0,5
Chì	mg/l	0,1	0,5	1
Clo dư	mg/l	1	2	2
Crom (VI)	mg/l	0,05	0,1	0,5
Crom (III)	mg/l	0,2	1	2
Dầu mỡ khoáng	mg/l	KPHĐ	1	5
Dầu động thực vật	mg/l	5	10	30
Đồng	mg/l	0,2	1	5
Kẽm	mg/l	1	2	5
Mangan	mg/l	0,2	1	5
Niken	mg/l	0,2	1	2
Photpho hữu cơ	mg/l	0,2	0,5	1
Photpho tổng	mg/l	4	6	8
Sắt	mg/l	1	5	10
Tetracloetylen	mg/l	0,02	0,1	0,1
Thiếc	mg/l	0,2	1	5
Thủy ngân	mg/l	0,005	0,005	0,01
Tổng nitro	mg/l	30	60	60
Tricloetylen	mg/l	0,05	0,3	0,3
Amoniac (tính theo N)	mg/l	0,1	1	10
Florua	mg/l	1	2	5
Phenol	mg/l	0,001	0,05	1
Sunfua	mg/l	0,2	0,5	1
Xyanua	mg/l	0,05	0,1	0,2
Coliform	MPN/100ml	5000	10000	–
Tổng hoạt độ phóng xạ α	Bq/l	0,1	0,1	–
Tổng hoạt độ phóng xạ β	Bq/l	1,0	1,0	–

Chú thích: – KPHĐ: Không phát hiện được;

– Nước thải sau khi xử lý đạt các giá trị không lớn hơn các giá trị ghi ở cột A được dùng như nước sinh hoạt;

– Nước thải sau khi xử lý đạt các giá trị không lớn hơn các giá trị ghi ở cột B chỉ dùng cho giao thông thủy, tưới tiêu, bơi lội, thủy sản, trồng trọt;

– Nước thải sau khi xử lý đạt các giá trị nằm giữa các giá trị ghi ở cột B và C chỉ được phép thải vào nơi quy định;

– Nước thải có các giá trị lớn hơn các giá trị ghi ở cột C không được phép thải, phải xử lý ít nhất bằng các giá trị ghi ở cột C mới được thải vào nơi quy định.

– Xem thêm phụ lục 15.

19.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP HẠN CHẾ NƯỚC THẢI

19.3.1. Rửa nhiều lần tốn ít nước

Xét một ví dụ sau để minh họa rõ điều này:

Sau khi mạ crom cho 1 m^2 sản phẩm từ dung dịch vạn năng có nồng độ Cr^{6+} là C_o = 130 g/l. Thể tích dung dịch bám theo 1 m^2 sản phẩm mạ trước khi rửa là V = 0,25 lít. Yêu cầu phải rửa sạch đến mức nồng độ Cr^{6+} trong nước rửa cuối cùng là C = 0,01 g/l. Có nhiều phương án rửa đặt ra:

– Rửa một lần trong một bể:

Lượng Cr^{6+} bám theo vật mạ là VC_o sẽ được pha loãng đến nồng độ C trong thể tích nước rửa Q. Cân bằng vật chất đối với lượng Cr^{6+} trước và sau khi rửa là:

$$VC_o = QC \quad \text{hay} \quad C_o/C = Q/V$$

Thay số đã cho vào biểu thức này sẽ tìm được lượng nước rửa cần dùng là Q = 3250 lít.

– Rửa hai lần trong hai bể riêng và bằng nhau:

Cân bằng lượng Cr^{6+} trước và sau khi rửa lần đầu sẽ là $VC_o = QC_1$, (C_1 là nồng độ Cr^{6+} trong nước rửa đầu), từ đó sẽ tính được:

$$C_1 = VC_o/Q.$$

Khi rửa xong lần hai thì nồng độ Cr^{6+} trong nước rửa bám theo sản phẩm từ C_1 giảm xuống còn C_2 (C_2 tất phải là C nói trên). Cân bằng lượng Cr^{6+} trước và sau khi rửa lần hai sẽ là:

$$QC_2 = VC_1 = V(VC_o/Q),$$

Từ đây rút ra Q, rồi thay số vào sẽ được:

$$Q = V(C_o/C_2)^{1/2}$$

$$= 0,25(130/0,01)^{1/2} = 28,5 \text{ lít}$$

Hai bể rửa sẽ chỉ cần 2Q = 2 × 28,5 = 57 lít, bé hơn rất nhiều so với phương án chỉ rửa một lần trong một bể (ít hơn 3250/57 = 57 lần).

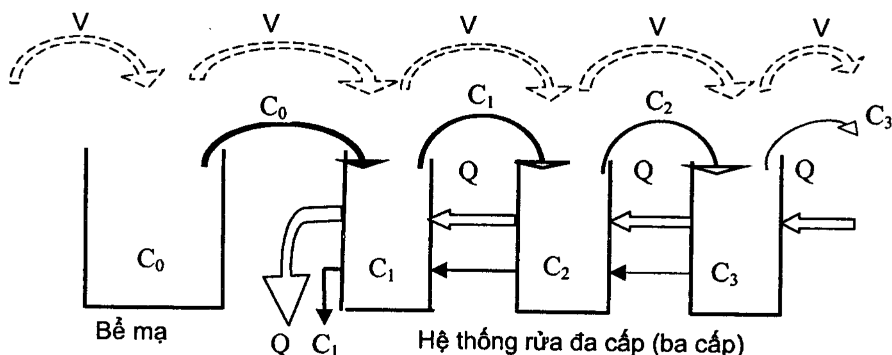
– Rửa nhiều lần trong các bể có cùng thể tích nước rửa:

Từ công thức tính Q khi rửa hai lần $Q = V(C_o/C)^{1/2}$ ở trên suy ra công thức tính Q khi được rửa n lần là $Q = V(C_o/C)^{1/n}$ hay tổng quát như sau:

$$C_o/C = (Q/V)^n \qquad (19.1)$$

19.3.2. Rửa đa cấp

Phương pháp rửa đa cấp rất đơn giản, hiệu quả, tiết kiệm nước rửa, giảm thiểu được nước thải cần phải xử lý. Dòng sản phẩm rửa di chuyển ngược chiều với dòng nước rửa qua các bể có thể tích bằng nhau. Nước cấp vào chảy từ bể đầu chứa nước sạch nhất rồi tràn sang bể bên cạnh và tiếp tục tràn dần đến bể cuối chứa nước bẩn nhất. Sản phẩm mạ đầu tiên rửa tại bể cuối (nước bẩn nhất) rồi rửa tại bể sát bên cạnh và cứ thế lần lượt rửa dần đến bể đầu (chứa nước sạch nhất). Hình 19.3 là mô hình rửa đa cấp (ba cấp) đơn giản nhất, trong đó V là thể tích dung dịch bám theo sản phẩm, chuyển từ bể trước sang bể sau; Q là lưu lượng nước cấp cho hệ rửa đa cấp; C là nồng độ hóa chất cần rửa sạch có trong các dung dịch (hay bể rửa) tương ứng.



Hình 19.3. Mô hình hệ thống rửa đa cấp để xác định thể tích và cân bằng vật chất

Mặc dù hệ thống rửa đa cấp (hình 19.3) có vài điểm khác với cách rửa đã nêu ở mục 19.3.1, nhưng công thức (19.1) vẫn đúng cho trường hợp rửa đa cấp này, với điều kiện:

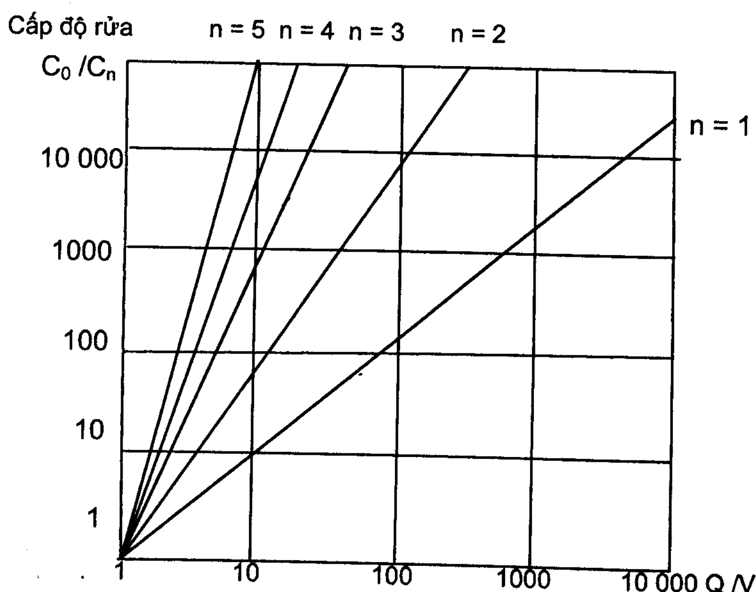
– Mỗi cấp rửa đều có thể tích nước bằng nhau;

– Tốc độ nước chảy vào và chảy ra khỏi bể đều như nhau;

– Lượng nước rửa phải đảm bảo Q > 10 V cho hệ rửa ba cấp.

Hình 19.4 vẽ các đường mô tả cấp độ rửa C_0/C_n phụ thuộc vào lượng nước rửa Q/V để pha loãng chất bẩn bám theo vật rửa.

Từ các thông tin của hình này cho thấy nên chọn thiết kế hệ thống rửa đa cấp với n = 3 (ba bể rửa).



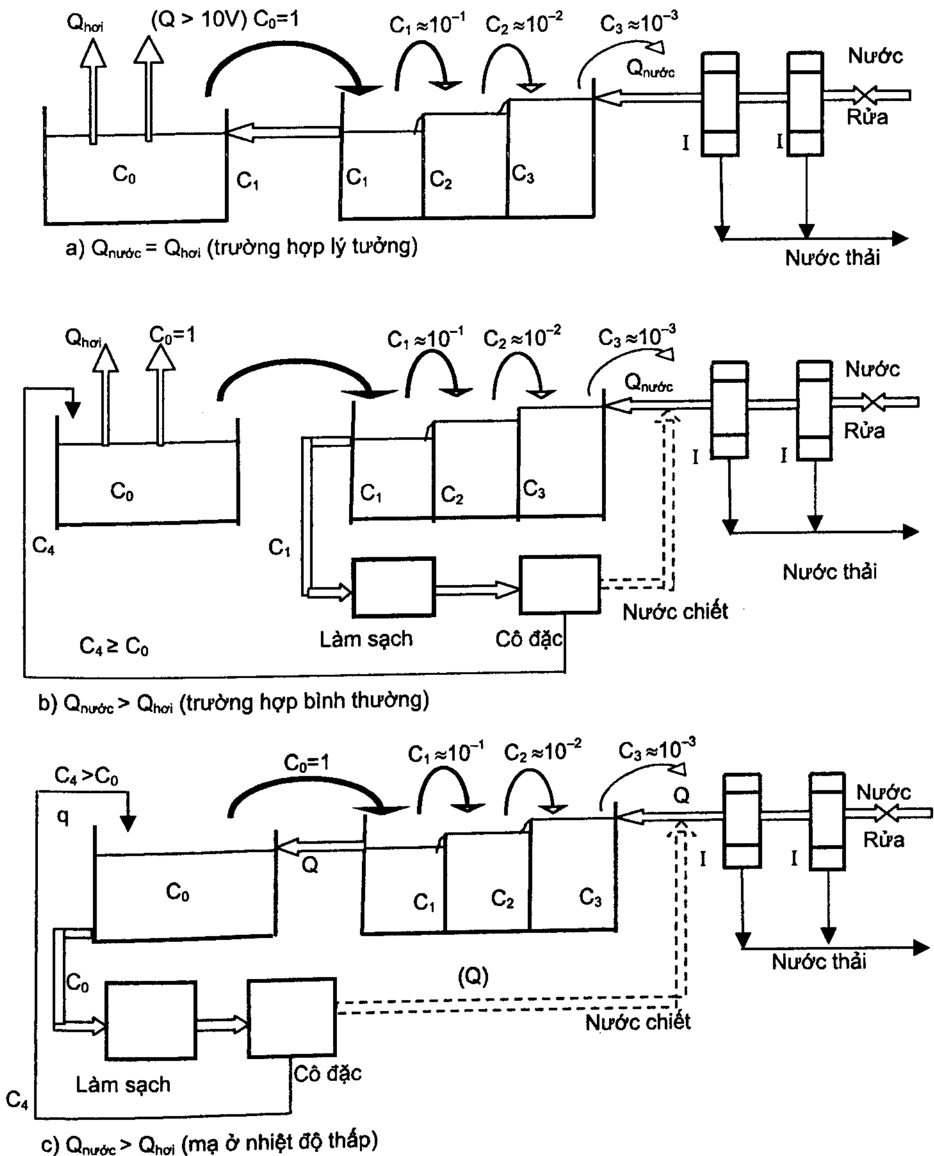
Hình 19.4. Cấp độ rửa C_0/C_n phụ thuộc vào tốc độ nước rửa Q và thể tích dung dịch V bám theo vật rửa trong hệ thống rửa n cấp (tính theo 19.1)

Thực tế nên chọn điều kiện Q ≥ 10 V và hệ thống rửa gồm ba ngăn sát vách nhau, nước rửa chảy liên tiếp từ ngăn bể này sang ngăn bể kia, thể tích bể và tốc độ nước chảy vào và ra khỏi bể bằng nhau như thể hiện trong hình 19.5.

Đơn giản và lý tưởng nhất là trường hợp ở hình 19.5a, trong đó lượng hơi nước bốc bay khỏi bể mạ ở nhiệt độ cao vừa đúng bằng lượng nước rửa thu hồi để bù vào cho bể mạ, nghĩa là quá trình mạ không có nước thải xả ra môi trường.

Trường hợp này khá phù hợp với quy trình mạ crom cứng: thời gian mạ lâu, nhịp độ rửa bé, tổng lượng dung dịch V bám theo vật mạ đi vào hệ rửa nhỏ.

Khi đó nước cấp cho hệ rửa nhất thiết phải là nước mềm, nếu không độ cứng của nước trong bể mạ sẽ tăng dần theo thời gian làm việc. Dùng thiết bị trao đổi ion (I) rất phù hợp cho trường hợp này.



Hình 19.5. Rửa đa cấp không thải nước ra môi trường

a. Mạ ở nhiệt độ cao; b. Mạ ở nhiệt độ thường; c. Mạ ở nhiệt độ thấp.

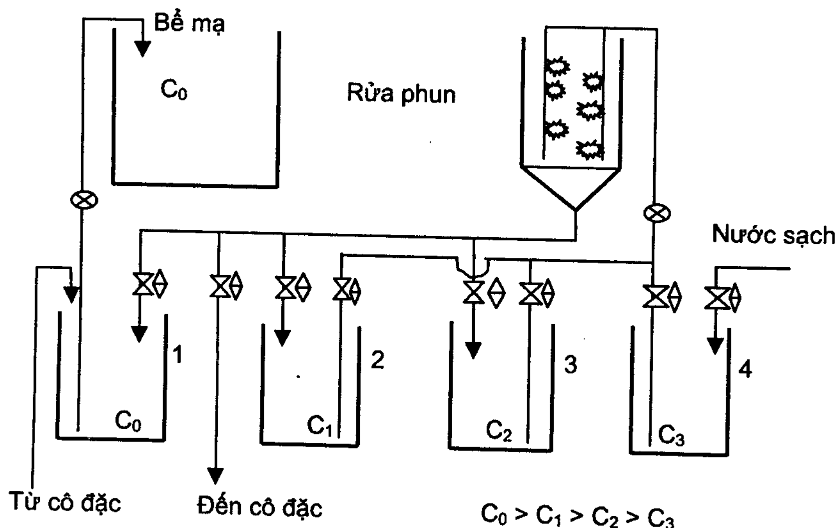
Trường hợp thể tích nước rửa $Q_{nước}$ lớn hơn thể tích nước đã bốc hơi $Q_{hơi}$ như khi mạ ở nhiệt độ thường hay nhiệt độ thấp (hình 19.5 b và c) thì phần nước rửa dư dôi ra phải loại bỏ đi bằng cách cho bay hơi dưới áp suất khí trời hay dưới áp suất thấp trong thiết bị cô đặc. Dung dịch sau cô đặc dùng để bổ sung vào bể mạ. Nước cấp cho bể rửa vẫn phải là nước mềm.

Cần lưu ý khi áp dụng biện pháp cô đặc các hóa chất trong nước rửa để dùng lại, thì đồng thời cũng cô đặc luôn các tạp chất trong nước rửa và chúng cũng sẽ quay trở lại bể mạ. Vì thế luôn phải có thiết bị làm sạch để khắc phục điều này.

19.3.3. Rửa đa cấp cải tiến

Rửa đa cấp có nhược điểm là chiếm nhiều diện tích sàn nhà, kéo dài thêm hệ thống vận chuyển sản phẩm hoặc phải trang bị riêng hệ vận chuyển phụ để phục vụ công đoạn rửa. Trong nhiều trường hợp có thể khắc phục điều này bằng cách rửa phun.

19.3.3.1. Rửa phun đa cấp



Hình 19.6. Sơ đồ nguyên tắc rửa đa cấp ngoài bằng cách rửa phun

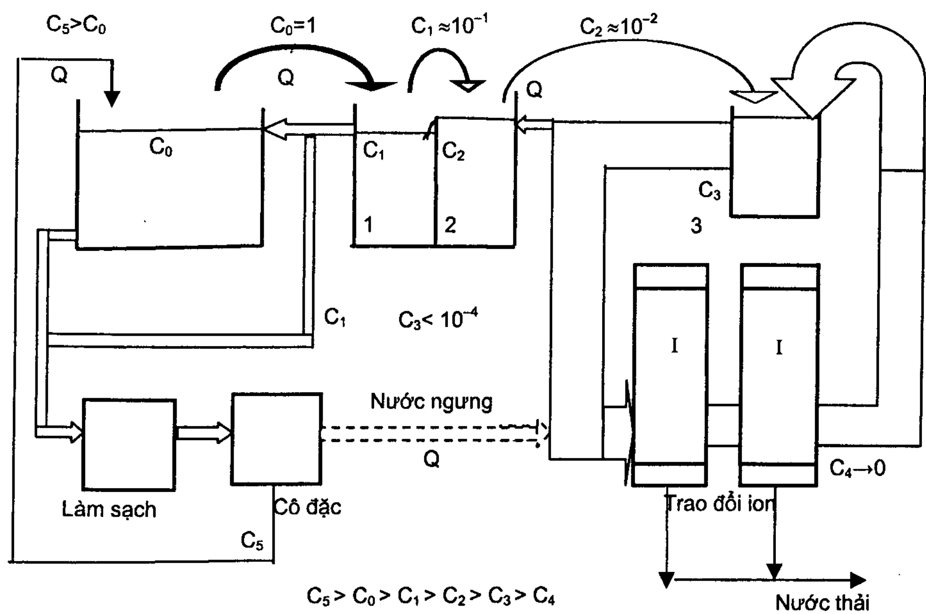
Chỉ cần trang bị một bể rửa phun duy nhất đặt cạnh bể mạ và thực hiện cách rửa đa cấp đặc biệt như mô tả ở hình 19.6, trong đó các bể nhận nước đã rửa đa cấp được đặt ở vị trí thấp hơn nên không choán chỗ và kéo dài dây chuyền chính.

Dung dịch mạ bám theo sản phẩm được rửa phun đầu tiên bằng nước lấy từ bể 2 có nồng độ C_1, nước thu được sau khi rửa đưa đi cô đặc đến nồng độ C_0 rồi chứa vào bể 1 dùng để bổ sung dần cho bể mạ. Rửa phun lần hai (vẫn thực hiện tại chỗ rửa phun đó) bằng nước hút từ bể 3 có nồng độ C_2, nước sau rửa được dẫn sang bể 2 (có nồng độ C_1). Rửa phun lần ba bằng nước sạch từ bể 4 rồi dẫn sang bể 3.

Rửa phun tia nước va đập mạnh vào bề mặt vật rửa nên dễ pha loãng và kéo theo dung dịch cần lấy đi, trên đường chảy xuống lại tiếp tục rửa sạch cho phần dưới của sản phẩm. Rửa phun rất thích hợp cho sản phẩm mạ treo có hình dạng dẹp, bằng phẳng.

Áp suất phun, tốc độ và lưu lượng phun, số lượng và kích thước vòi phun, hình dạng tia nước và khoảng cách giữa vòi phun đến bề mặt rửa, thời gian phun và góc phun... là những thông số quan trọng quyết định hiệu quả và mức độ rửa. Nên tạo tia nước phun có hình loa kèn, nằm ngang, phun đều các mặt cần rửa. Hệ thống điều khiển đóng mở các van từ xa cần đặt gần bể rửa phun để tiện thao tác, hoặc tốt nhất là chúng được vận hành tự động.

19.3.3.2. Rửa đa cấp hai chặng



Hình 19.7. Sơ đồ hệ thống rửa đa cấp có hai chặng rửa: chặng hai cấp và chặng rửa tuần hoàn khép kín

Một cải tiến khác là rửa đa cấp hai chặng. Chặng đầu gồm hai bể bằng nhau và liền vách nhau để nước chảy tràn từ bể 2 sang bể 1. Bể 3 được tách riêng thành chặng rửa cuối (hình 19.7).

Nước rửa từ bể 3 chỉ một phần nhỏ được đưa sang bể rửa 2, còn phần lớn được đưa đi làm sạch bằng trao đổi ion trở thành nước sạch để cấp lại cho bể rửa 3, lập thành một chu trình tuần hoàn khép kín với tốc độ và lưu lượng nước lớn, đảm bảo chất lượng rửa rất tốt, trong khi lượng tạp chất cần làm sạch tại các thiết bị trao đổi ion lại nhỏ. Vì chỉ có một phần nhỏ lượng nước rửa từ bể 3 (chặng cuối) đưa sang chặng đầu (gồm hai bể 1 và 2), nên tốc độ và lưu lượng chảy tràn từ bể 2 sang bể 1 rất nhỏ và chậm, do đó nồng độ hóa chất trong hai bể này rất mau đậm đặc theo thời gian làm việc. Nồng độ C_1 của bể 1

nhờ đó sẽ cao hơn trong các quy trình rửa khác nên có thể dùng để bổ sung trực tiếp cho bể mạ hay đưa đi cô đặc cũng dễ dàng đạt đến nồng độ C_0 hơn. Điểm nổi bật của quy trình rửa cải tiến này là chất lượng rửa rất cao và giảm nhẹ việc cô đặc, vừa tiết kiệm năng lượng vừa đảm bảo không có nước thải xả ra môi trường.

Trong chặng rửa đầu, muốn được nước rửa có nồng độ thật cao thì tốc độ nước trong chặng rửa này phải thật thấp, nghĩa là rất khó đảm bảo được điều kiện $Q \geq 10$ V, nên không thể dùng được phương trình (19.1) nữa. Trong điều kiện $Q < 10$ V tại chặng rửa này, khi tính toán cần phải dựa vào các thông số về tốc độ chảy, nồng độ vào, ra khỏi các bể và lập cân bằng vật chất. Ví dụ đối với bể rửa 2 của chặng rửa đầu sẽ có cân bằng sau:

$$C_1V + C_3Q = C_2V + C_2Q \qquad (19.2)$$

Các quy trình rửa đa cấp trình bày ở trên có thể dùng cho mọi công đoạn rửa của những dây chuyền mạ các kim loại khác nhau, nhưng đặc biệt tốt cho trường hợp sau mạ crom.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Độ hòa tan của một số hóa chất tại 20 °C

Hóa chất	*Lượng hòa tan trong*		*Hóa chất*	*Lượng hòa tan trong*	
	g/100g H_2O	*mol/1000g H_2O*		*g/100g H_2O*	*mol/1000g H_2O*
$AgCN$	$2,2.10^{-5}$	$1,6.10^{-6}$	$CoSO_4$	36,0	2,32
$AgCl$	$1,5.10^{-4}$	$1,0.10^{-5}$	CrO_3	168,0	16,8
$AgClO_3$	14,48	$7,6.10^{-2}$	$Cr(OH)_3$	64	6,2
$AgCrO_4$	$2,6.10^{-3}$	$8,0.10^{-5}$	$CuCl$	$1,2.10^{-2}$	$1,2.10^{-3}$
$AgNO_3$	215,5	12,7	$CuCl_2$	77,0	5,72
$AlCl_3$	45,6	3,42	$Cu(NO_3)_2$	121,9	6,50
Al_2O_3	$1,0.10^{-4}$	$9,8.10^{-6}$	$Cu(OH)_2$	$6,7.10^{-4}$	$6,9.10^{-5}$
$Al(OH)_3$	$1,0.10^{-4}$	$1,3.10^{-5}$	$CuSO_4$	20,9	1,31
$Al_2(SO_4)_3$	36,3	1,06	$FeCl_2$	62,6	4,95
$KAl(SO_4)_2$	6,0	0,23	$FeCl_3$	91,9	5,66
$NH_4Al(SO_4)_2$	6,59	0,278	$Fe(NO_3)_2$	209,55	1,17
$AuCl_3$	68.0	2,2	$Fe(NO_3)_3$	229,7	0,95
H_3BO_3	4,9	0,79	$Fe(OH)_2$	$9,9.10^{-5}$	$1,1.10^{-5}$
$BaCO_3$	$2,2.10^{-3}$	$1,1.10^{-4}$	$Fe(OH)_3$	5.10^{-9}	$4,7.10^{-10}$
$BaCl_2$	35,7	1,71	$FeSO_4$	26,6	1,75
$Ba(NO_3)_2$	9,03	0,346	$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$	26,9	0,947
$Ba(OH)_2$	3,5	0,20	$FeNH_4(SO_4)_2$	124,0	4,66
$BaSO_4$	$2,3.10^{-4}$	$9,9.10^{-6}$	Hg	2.10^{-6}	1.10^{-7}
$Bi(OH)_3$	$1,4/10^{-4}$	$5,4.10^{-6}$	$HgBr_2$	0,62 (25°C)	$1,7.10^{-2}$
$CaCO_3$	$1,5.10^{-3}$	$1,5.10^{-4}$	$HgCl_2$	6,6	0,24
$CaCl_2$	7,45	6,71	Hg_2Cl_2	$2,3.10^{-4}$	$9,7.10^{-6}$

Hóa chất	*Lượng hòa tan trong*		*Hóa chất*	*Lượng hòa tan trong*	
	g/100g H_2O	*mol/1000g H_2O*		*g/100g H_2O*	*mol/1000g H_2O*
CaO	0,12	$2,1.10^{-2}$	HgO	5.10^{-3}	$2,3.10^{-4}$
$Ca(OH)_2$	0,17	$2,3.10^{-2}$	Hg_2SO_4	6.10^{-2}	$1,2.10^{-3}$
$CaHPO_4$	$2,0.10^{-2}$	$1,5.10^{-3}$	I_2	$2,2.10^{-2}$	$8,7.10^{-4}$
$Ca_3(PO_4)_2$	$3,6.10^{-4}$	$1,2.10^{-5}$	HIO_3	269,0	15,3
$CaSO_4$	0,2	$1,5.10^{-2}$			
$CdCl_2$	134,5	7,34	$KAl(SO_4)_2$	6,0	0,23
$Cd(NO_3)_2$	153,0	6,48	KCN	71,6	11,0
$Cd(OH)_2$	$2,5.10^{-4}$	$1,7.10^{-5}$	K_2CO_3	111,5	8,06
$CdSO_4$	76,9	3,68	$KHCO_3$	33,3	3,33
Cl_2	1,85	$2,61.10^{-2}$	KCl	34,4	4,61
HCl	72,1	19,8	$KClO_3$	7,3	0,6
$CoCl_2$	51,0	3,93	$KClO_4$	1,7	0,12
$Co(NO_3)_2$	100	5,46	K_2CrO_4	63,0	3,24
$Co(OH)_3$	$3,2.10^{-4}$	$2,9.10^{-5}$	$K_2Cr_2O_4$	12,3	0,418
KF	48,0	8,26	$(NH_4)_2HPO_4$	68,6	5,20
KHF_2	39,2	5,02	$(NH_4)_2[PtCl_6]$	0,67	$1,5.10^{-2}$
$K_3[Fe(CN)_6]$	46,0	1,40	NH_4SCN	163,0	21,4
$K_4[Fe(CN)_6]$	28,0	0,760	$(NH_4)_2SO_4$	75,4	5,70
KI	144,5	8,71	$Na_2S_2O_3$	70,0	4,42
KIO_3	8,1	0,38	Na_2SO_4	19,1	1,34
$KMnO_4$	6,4	0,40	Na_2SiF_6	0,65	$3,5.10^{-2}$
KNO_3	315	3,12	$NiCl_2$	55,3	4,26
KOH	112,0	20,0	$Ni(NO_3)_2$	94,1	5,15
KH_2PO_4	22,7	1,67	$Ni(OH)_2$	$1,4.10^{-3}$	$1,5.10^{-4}$
$K_2[PtCl_6]$	0,77	$1,6.10^{-2}$	NiS	$1,5.10^{-4}$	$1,7.10^{-5}$
$KSCN$	218,0	22,4	$NiSO_4$	37,8	2,51

Hóa chất	Lượng hòa tan trong		Hóa chất	Lượng hòa tan trong	
	g/100g H_2O	mol/1000g H_2O		g/100g H_2O	mol/1000g H_2O
K_2SO_3	107,0	6,76	$Ni(NH_4)_2(SO_4)_2$	10,4	0,362
K_2SO_4	11,2	0,643			
$KHSO_4$	51,4	3,77	$Pb(axetat)_2$	30,6	0,941
$K_2S_2O_8$	4,7	0,17	$PbCO_3$	1.10^{-4}	$3,7.10^{-6}$
K_2SiF_6	0,1	$4,5.10^{-3}$	$PbCl_2$	0,97	$3,5.10^{-2}$
LiBr	177	2,04	$PbCrO_4$	$4,3.10^{-6}$	$1,3.10^{-7}$
Li_2CO_3	1,3	0,18	$Pb(NO_3)_2$	52,2	1,58
LiCl	82,8	19,5	PbO	$1,7.10^{-3}$	$7,6.10^{-5}$
LiF	0,27	$1,0.10^{-2}$	$Pb(OH)_2$	$2,2.10^{-4}$	$9,1.10^{-6}$
LiI	163	12,2	$PbSO_4$	$4,2.10^{-3}$	$1,4.10^{-4}$
$LiNO_3$	69,5	10,1			
LiOH	12,8	5,35	H_2S	0,38	0,11
Li_3PO_4	3.10^{-2}	$2,6.10^{-3}$	$SbCl_2$	931,5	40,8
Li_2SO_4	34,8	3,17	Sb_2S_3	2.10^{-4}	$5,9.10^{-6}$
			$SnCl_2$ (15°C)	659	34,7
$MgCO_3$	$1,1.10^{-2}$	$1,3.10^{-3}$	SnS	$1,3.10^{-6}$	$8,6.10^{-8}$
$MgCl_2$	54,3	5,70	SnS_2	$1,5.10^{-5}$	$8,2.10^{-7}$
$Mg(NO_3)_2$	70,5	4,75	$Sr(C_2O_4)$	$4,6.10^{-3}$	$2,6.10^{-4}$
MgO	$6,2.10^{-4}$	$1,5.10^{-4}$	$SrCO_3$	$1,1.10^{-3}$	$7,5.10^{-5}$
$Mg(OH)_2$	$9. 10^{-4}$	$1,5.10^{-4}$	$SrCl_2$	53,8	3,39
$MgNH_4PO_4$	$6,0.10^{-3}$	$4,4.10^{-4}$	$SrCrO_4$	12	0,59
$MgSO_4$	35,6	2,95	$Sr(NO_3)_2$	70,9	3,35
$MnCO_3$	4.10^{-2}	$3,5.10^{-3}$	SrO	0,7	$6,8.10^{-2}$
$MnCl_2$	73,5	5,84	$Sr(OH)_2$	0,7	$5,8.10^{-2}$
$Mn(NO_3)_2$	131,5	7,35	$SrSO_4$	$1,1.10^{-2}$	$6,0.10^{-4}$
$Mn(OH)_2$	2.10^{-4}	$2,2.10^{-5}$			

Hóa chất	*Lượng hòa tan trong*		*Hóa chất*	*Lượng hòa tan trong*	
	g/100g H_2O	*mol/1000g H_2O*		*g/100g H_2O*	*mol/1000g H_2O*
$MnSO_4$	62,9	4,16	$ZnCO_3$	$2,2.10^{-2}$	$1,8.10^{-3}$
			$ZnCl_2$	367,0	26,9
NH_3	53,1	31,2	$Zn(NO_3)_2$	117,5	6,20
NH_4Cl	37,4	7,00	ZnO	$1,6.10^{-4}$	$2,0.10^{-5}$
NH_4F	82,6	2,2	$Zn(OH)_2$	$5,2.10^{-4}$	$5,2.10^{-5}$
NH_4NO_3	178,7	22,3	$ZnSO_4$	53,8	3.33
$NH_4H_2PO_4$	36,8	3,20	ZnS	$6,9.10^{-4}$	$7,1.10^{-5}$

Phụ lục 2. Quan hệ các loại nồng độ của H_2SO_4 ở 20 °C

% H_2SO_4	Tỷ trọng	g/l H_2SO_4	% H_2SO_4	Tỷ trọng	g/l H_2SO_4
1	1,0051	10,05	44	1,3384	588,9
2	1,0118	20,24	45	1,3476	606,4
3	1,0184	30,55	46	1,3569	624,2
4	1,0250	41,00	47	1,3663	642,2
5	1,0317	51,59	48	1,3758	660,4
6	1,0385	62,31	49	1,3854	678,8
7	1,0453	73,17	50	1,3951	697,6
8	1,0522	84,18	51	1,4049	716,5
9	1,0591	95,32	52	1,4148	735,7
10	1,0661	106,6	53	1,4248	755,1
11	1,0731	118,0	54	1,4350	774,9
12	1,0802	129,6	55	1,4453	794,9
13	1,0874	141,4	56	1,4557	815,2
14	1,0947	153,3	57	1,4662	835,7
15	1,1020	165,3	58	1,4768	856,5
16	1,1094	177,5	59	1,4875	877,6
17	1,1168	189,9	60	1,4983	899,0
18	1,1234	202,4	61	1,5091	920,6
19	1,1318	215,0	62	1,5200	942,4
20	1,1394	227,9	63	1,5310	96,45
21	1,1471	240,9	64	1,5421	986,9
22	1,1548	254,1	65	1,5533	1010
23	1,1626	267,4	66	1,5646	1033
24	1,1704	280,9	67	1,5760	1056
25	1,1783	294,6	68	1,5874	1079
26	1,1862	308,4	69	1,5989	1103
27	1,1942	322,4	70	1,6105	1127
28	1,2023	336,6	71	1,6221	1152
29	1,2104	351,0	72	1,6338	1176
30	1,2185	365,6	73	1,6456	1201
31	1,2267	380,3	74	1,6574	1226
32	1,2349	395,2	75	1,6692	1252
33	1,2432	410,3	76	1,6810	1278
34	1,2515	425,5	77	1,6927	1303
35	1,2599	441,0	78	1,7043	1329
36	1,2684	456,6	79	1,7158	1355
37	1,2769	472,5	80	1,7272	1382
38	1,2855	488,5	81	1,7383	1408
39	1,2941	504,7	82	1,7491	1434
40	1,3028	521,1	83	1,7594	1460
41	1,3116	537,8	84	1,7639	1486
42	1,3205	554,6	85	1,7786	1512
43	1,3294	571,6	86	1,7872	1537

Tiếp phụ lục 2

% H_2SO_4	Tỷ trọng	g/l H_2SO_4	% H_2SO_4	Tỷ trọng	g/l H_2SO_4
87	1,7951	1562	94	1,8312	1721
88	1,8022	1586	95	1,8337	1742
89	1,8087	1610	96	1,8355	1762
90	1,8144	1633	97	1,8364	1781
91	1,8195	1656	98	1,8361	1799
92	1,8240	1678	99	1,8342	1816
93	1,8279	1700	100	1,8305	1831

Phụ lục 3. Quan hệ các loại nồng độ của HCl ở 20 °C

% HCl	Tỷ trọng	g HCl/l	mol/l	% HCl	Tỷ trọng	g HCl/l	mol/l
1	1,0032	10,03	0,2751	21	1,1032	231,7	6,355
2	1,0082	20,16	0,5529	22	1,1083	243,8	6,687
3	1,0132	30,40	0,8338	23	1,1135	256,1	7,024
4	1,0181	40,72	1,117	24	1,1187	265,8	7,365
5	1,0230	51,15	1,403	25	1,1239	281,0	7,707
6	1,0279	61,67	1,691	26	1,1290	293,5	8,050
7	1,0328	72,30	1,983	27	1,1341	306,2	8,398
8	1,0376	83,01	2,277	28	1,1392	319,0	8,749
9	1,0425	93,83	2,573	29	1,1443	331,9	9,103
10	1,0474	104,7	2,872	30	1,1493	344,8	9,457
11	1,0524	115,8	3,176	31	1,1543	357,8	9,813
12	1,0574	126,9	3,480	32	1,1593	371,0	10,18
13	1,0625	138,1	3,788	33	1,1642	384,2	10,54
14	1,0675	149,5	4,100	34	1,1691	397,5	10,90
15	1,0726	160,9	4,413	35	1,1740	410,9	11,27
16	1,0776	172,4	4,728	36	1,1789	424,4	11,64
17	1,0827	184,1	5,049	37	1,1837	438,0	12,01
18	1,0878	195,8	5,370	38	1,1885	451,6	12,39
19	1,0929	207,7	5,697	39	1,1933	465,4	12,76
20	1,0980	219,6	6,023	40	1,1980	479,2	13,14

Phụ lục 4. Quan hệ các loại nồng độ của HNO_3 ở 20 °C

% HNO_3	Tỷ trọng	g/l	mol/l	% HNO_3	Tỷ trọng	g/l	mol/l
1	1,0036	10,04	0,1593	41	1,2527	513,6	8,151
2	1,0091	20,18	0,3203	42	1,2591	528,8	8,392
3	1,0146	30,44	0,4831	43	1,2655	544,2	8,636
4	1,0201	40,80	0,6475	44	1,2719	559,6	8,881
5	1,0256	51,28	0,8138	45	1,2783	575,2	9,128
6	1,0312	61,87	0,9819	46	1,2847	591,0	9,379
7	1,0369	72,58	1,152	47	1,2911	606,8	9,630
8	1,0427	83,42	1,324	48	1,2975	622,8	9,884
9	1,0485	94,37	1,498	49	1,3040	639,0	10,14
10	1,0543	105,4	1,673	50	1,3100	655,0	10,3910,6
11	1,0602	116,6	1,850	51	1,3160	671,2	5
12	1,0661	127,9	2,030	52	1,3219	687,4	10,91
13	1,0721	139,4	2,212	53	1,3278	703,7	11,17
14	1,0781	150,9	2,395	54	1,3336	720,1	11,43
15	1,0842	162,6	2,580	55	1,3393	736,6	11,69
16	1,0903	174,4	2,768	56	1,3449	753,1	11,95
17	1,0964	186,4	2,958	57	1,3505	769,8	12,22
18	1,1026	198,5	3,150	58	1,3560	786,5	12,48
19	1,1088	210,7	3,343	59	1,3614	803,2	12,75
20	1,1150	223,0	3,539	60	1,3667	820,0	13,01
21	1,1213	235,5	3,737	61	1,3719	836,9	13,28
22	1,1276	248,1	3,937	62	1,3769	853,7	13,55
23	1,2340	260,8	4,139	63	1,3818	870,5	13,81
24	1,1404	273,7	4,344	64	1,3866	887,4	14,08
25	1,1469	286,7	4,550	65	1,3913	904,3	14,35
26	1,1534	299,9	4,758	66	1,3959	921,3	14,62
27	1,1600	313,2	4,970	67	1,4004	938,3	14,89
28	1,1666	326,6	5,183	68	1,4048	955,3	15,16
29	1,1733	340,3	5,401	69	1,4091	972,3	15,43
30	1,1800	354,0	5,618	70	1,4134	989,4	15,70
31	1,1867	367,9	5,839	71	1,4176	1006	15,96
32	1,1934	381,9	6,061	72	1,4218	1024	16,25
33	1,2002	396,1	6,286	73	1,4258	1041	16,52
34	1,2071	410,4	6,513	74	1,4298	1058	16,79
35	1,2140	424,9	6,743	75	1,4337	1075	17,06
36	1,2205	439,4	6,973	76	1,4375	1093	17,35
37	1,2270	454,0	7,205	77	1,4413	1110	17,62
38	1,2335	468,7	7,438	78	1,4450	1127	17,89
39	1,2399	483,6	7,675	79	1,4486	1144	18,16
40	1,2463	498,5	7,911	80	1,4521	1162	18,44

Tiếp phụ lục 4

% HNO_3	Tỷ trọng	g/l	mol/l	% HNO_3	Tỷ trọng	g/l	mol/l
81	1,4555	1179	18,71	91	1,4850	1351	21,44
82	1,4589	1196	18,98	92	1,4873	1368	21,71
83	1,4622	1214	19,27	93	1,4892	1385	21,98
84	1,4655	1231	19,54	94	1,4912	1402	22,24
85	1,4686	1248	19,81	95	1,4932	1419	22,52
86	1,4716	1266	20,09	96	1,4952	1435	22,77
87	1,4745	1283	20,36	97	1,4976	1452	23,04
88	1,4773	1300	20,63	98	1,5008	1471	23,34
89	1,4800	1317	20,90	99	1,5056	1491	23,66
90	1,4826	1334	21,17	100	1,5129	1513	24,01

Phụ lục 5. Quan hệ các loại nồng độ của H_3PO_4 ở 20 °C

% H_3PO_4	Tỷ trọng	g/l	mol/l	%H_3PO_4	Tỷ trọng	g/l	mol/l
1	1,0038	10,038	0,1024	25	1,1462	286,55	2,924
2	1,0092	20,184	0,2060	26	1,1529	299,75	3,059
3	1,0146	30,438	0,3106	27	1,1597	313,12	3,195
4	1,0200	40,8000	0,4163	28	1,1665	326,62	3,333
5	1,0255	51,275	0,5232	29	1,1735	340,32	3,473
6	1,0309	61,854	0,6312	30	1,1805	354,14	3,614
7	1,0365	72,555	0,7404	35	1,216	425,6	4,343
8	1,0420	83,360	0,8507	40	1,254	501,6	5,119
9	1,0476	94,284	0,9621	45	1,293	581,9	5,938
10	1,0532	105,32	1,075	50	1,335	667,5	6,811
11	1,0590	116,49	1,189	55	1,379	758,5	7,740
12	1,0647	127,76	1,304	60	1,426	855,6	8,731
13	1,0705	139,17	1,420	65	1,476	959,4	9,790
14	1,0764	150,70	1,538	70	1,526	1068	10,90
15	1,0824	162,36	1,657	75	1,579	1184	12,08
16	1,0884	174,14	1,777	80	1,633	1306	13,33
17	1,0946	186,08	1,899	85	1,689	1436	14,65
18	1,1008	198,14	2,022	90	1,746	1571	16,03
19	1,1071	210,35	2,147	92	1,770	1628	16,61
20	1,1134	222,68	2,272	94	1,794	1686	17,20
21	1,1199	235,18	2,400	96	1,819	1746	17,82
22	1,1263	247,79	2,529	98	1,844	1807	18,44
23	1,1320	260,57	2,659	100	1,870	1870	19,08
24	1,1395	73,48	2,791				

Phụ lục 6. Quan hệ giữa các loại nồng độ của KOH ở 20 °C

% KOH	Tỷ trọng	g/l	mol/l	% KOH	Tỷ trọng	g/l	mol/l
1	1,0074	10,07	0,1795	26	1,2466	324,1	5,776
2	1,0165	20,33	0,3623	27	1,2567	339,3	6,047
3	1,0257	30,77	0,5484	28	1,2669	354,7	6,322
4	1,0348	41,39	0,7377	29	1,2774	370,4	6,601
5	1,0440	52,20	0,9303	30	1,2879	386,4	6,887
6	1,0531	63,19	1,126	31	1,2985	402,5	7,174
7	1,0624	74,37	1,325	32	1,3091	418,9	7,466
8	1,0717	85,74	1,528	33	1,3197	435,5	7,762
9	1,0811	97,30	1,734	34	1,3304	452,3	8,061
10	1,0904	109,0	1,943	35	1,3412	469,4	8,366
11	1,0998	121,0	2,157	36	1,3520	486,7	8,674
12	1,1092	133,1	2,372	37	1,3629	504,3	8,988
13	1,1187	145,4	2,592	38	1,3738	522,0	9,303
14	1,1283	158,0	2,816	39	1,3848	540,1	9,626
15	1,1379	170,7	3,042	40	1,3959	558,4	9,953
16	1,1475	183,6	3,272	41	1,4071	576,9	10,28
17	1,1572	196,7	3,506	42	1,4183	595,7	10,62
18	1,1669	210,0	3,743	43	1,4296	614,7	10,96
19	1,1766	223,6	3,985	44	1,4409	634,0	11,30
20	1,1864	237,3	4,229	45	1,4524	653,6	11,65
21	1,1963	251,2	4,477	46	1,4639	673,4	12,00
22	1,2162	265,4	4,730	47	1,4755	693,5	12,36
23	1,2162	2799,7	4,985	48	1,4871	713,8	12,72
24	1,2263	294,3	5,245	49	1,4988	734,4	13,09
25	1,2364	309,1	5,509	50	1,5106	755,3	13,46

Phụ lục 7. Quan hệ giữa các loại nồng độ của NaOH ở 20 °C

% NaOH	Tỷ trọng	g/l	mol/l	% NaOH	Tỷ trọng	g/l	mol/l
1	1,0095	10,09	0,25	10	1,1089	110,89	2,77
2	1,0207	20,41	0,51	11	1,1199	123,18	3,07
3	1,0318	30,95	0.77	12	1,1309	153,70	3,39
4	1,0428	41,71	1,04	13	1,1420	148,46	3,71
5	1,0538	52,69	1,31	14	1,1530	161,42	4,03
6	1,0648	63,88	1,59	15	1,1641	174,61	4,36
7	1,0758	75,30	1,88	16	1,1751	188.01	4,70
8	1,0869	86,95	2,17	17	1,1862	201,65	5,04
9	1,0979	98,81	2.74	18	1,1972	251,49	5,38

Tiếp phụ lục 7

% NaOH	Tỷ trọng	g/l	mol/l	% NaOH	Tỷ trọng	g/l	mol/l
19	1,2082	229,6	5,740	35	1,3798	482,9	12,07
20	1,2191	243,8	6,095	36	1,3900	500,4	12,51
21	1,2301	258,3	6,458	37	1,4001	518,0	12,95
22	1,2411	273,0	6,825	38	1,4101	535,8	13,40
23	1,2520	288,0	7,201	39	1,4201	553,8	13,85
24	1,2629	303,1	7,578	40	1,4300	572,0	14,30
25	1,2739	318,5	7,963	41	1,4397	590,3	14,76
26	1,2848	334,0	8,351	42	1,4494	608,7	15,22
27	1,2956	349,8	8,746	43	1,4590	627,4	15,69
28	1,3064	365,8	9,146	44	1,4685	646,1	16,15
29	1,3172	382,0	9,551	45	1,4779	665,1	16,63
30	1,3279	398,4	9,960	46	1,4873	684,2	17,11
31	1,3385	414,9	10,37	47	1,4969	703,5	17,59
32	1,3490	431,7	10,79	48	1,5065	723,1	18,08
33	1,3593	448,6	11,22	49	1,5159	742,8	18,57
34	1,3696	465,7	11,64	50	1,5253	762,7	19,07

Phụ lục 8. Quan hệ giữa các loại nồng độ của NH_3 ở 20 °C

% NH_3	Tỷ trọng	g/l	mol/l	% NH_3	Tỷ trọng	g/l	mol/l
1	0,9939	9,939	0,5836	16	0,9362	149,8	8,796
2	0,9895	19,79	1,162	17	0,9328	158,6	9,313
3	0,9853	29,56	1,736	18	0,9295	16,73	9,823
4	0,9811	39,24	2,304	19	0,9262	175,8	10,32
5	0,9770	48,85	2,868	20	0,9229	184,6	10,84
6	0,9730	58,38	3,428	21	0,9196	193,1	11,34
7	0,9690	67,83	3,983	22	0,9164	201,6	11,84
8	0,9651	77,21	4,534	23	0,9132	210,0	12,33
9	0,9613	86,52	5,080	24	0,9101	218,4	12,82
10	0,9575	95,75	5,622	25	0,9070	226,8	13,32
11	0,9538	104,9	6,160	26	0,9040	235,0	13,80
12	0,9501	114,0	6,694	27	0,9010	243,3	14,29
13	0,9465	123,0	7,222	28	0,8980	251,4	14,76
14	0,9430	132,0	7,751	29	0,8950	259,6	15,24
15	0,9396	140,9	8,273	30	0,8920	267,6	15,71

Phụ lục 9. Hằng số bền K_b và không bền K_{kb} của một số ion phức

Phức	K_b	pK	K_{kb}
$[Ag(NH_3)_2]^+$	$1,5.10^7$	7,17	$6,7.10^{-8}$
$[Ag(NO_2)_2]^-$	$6,7.10^2$	2,83	$1,5.10^{-3}$
$[Ag(S_2O_3)]^-$	$1,0.10^{13}$	13,00	$1,0.10^{-13}$
$[Ag(SO_3)_2]^{3-}$	$2,5.10^8$	8,40	$4,0.10^{-9}$
$[Ag(SCN)_2]^-$	$6,0.10^9$	9,76	$1,7.10^{-10}$
$[Ag(CN)_2]^-$	$2,4.10^{21}$	21,40	$4,2.10^{-22}$
$[Ag(metylamin)_2]^+$	$1,4.10^7$	7,15	$7,1.10^{-7}$
$[Ag(dimetylamin)_2]^+$	$2,3.10^5$	5,36	$4,3.10^{-6}$
$[Ag(trimetylamin)_2]^+$	$1,7.10^3$	3,23	$5,9.10^{-4}$
$[Ag(etylamin)_2]^+$	$5,0.10^7$	7,70	$2,0.10^{-8}$
$[Ag(dietylamin)_2]^+$	$2,5.10^6$	6,40	$4,0.10^{-7}$
$[Ag(trietylamin)_2]^+$	$2,5.10^4$	4,40	$4,0.10^{-5}$
$[Ag(etylendiamin)_2]^+$	$7,7.10^6$	6,69	$1,45.10^{-8}$
$[AgCl_4]^{3-}$	$5,0.10^5$	5,70	$2,0.10^{-6}$
$[AgBr_4]^{3-}$	$8,5.10^8$	8,93	$1,2.10^{-9}$
$[AgI_4]^{3-}$	$5,5.10^{15}$	15,74	$1,8.10^{-16}$
$[Au(CN)_2]^-$	$2,5.10^{36}$	36,40	$4,0.10^{-37}$
$[Cd(NH_3)_4]^{2+}$	$4,0.10^6$	6,60	$2,5.10^{-7}$
$[Cd(CN)_4]^{2-}$	$7,1.10^{16}$	16,85	$1,4.10^{-17}$
$[Co(NH_3)_6]^{2+}$	$1,3.10^5$	5,11	$7,8.10^{-6}$
$[Co(NH_3)_6]^{3+}$	$4,5.10^{23}$	23,66	$2,2.10^{-24}$
$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$	$2,2.10^{13}$	13,34	$4,6.10^{-14}$
$[Cu(CN)_4]^{2-}$	$2,0.10^{27}$	27,30	$5,0.10^{-28}$
$[Cu(etylendiamin)_2]^{2+}$	$1,4.10^{20}$	20,15	$7,14.10^{-21}$
$[Cu(CN)_3]^{2-}$	$3,8.10^{28}$	28,58	$2,6.10^{-29}$

$[Cu(P_2O_7)_2]^{6-}$	$3,3.10^{12}$	12,51	$3,0.10^{-13}$
$[Fe(CN)_6]^{4-}$	$1,0.10^{44}$	44,00	$1,0.10^{-44}$
$[HgCl_4]^{2-}$	$1,7.10^{16}$	15,20	$5,9.10^{-17}$
$[HgBr_4]^{2-}$	$4,6.10^{21}$	21,70	$2,2.10^{-22}$
$[Hg\ I_4]^{2-}$	$2,0.10^{30}$	30,30	$5,0.10^{-31}$
$[Hg(SCN)_4]^{2-}$	$1,0.10^{22}$	22,00	$1,0.10^{-22}$
$[Hg(CN)_4]^{2-}$	$4,7.10^{41}$	41,70	$2,1.10^{-42}$
$[Ni(CN)_4]^{2-}$	$2,0.10^{15}$	15,30	$5,0.10^{-16}$
$[Ni(NH_3)_6]^{2+}$	$5,5.10^{8}$	8,74	$1,8.10^{-9}$
$[Zn(NH_3)_4]^{2+}$	$1,0.10^{9}$	9,00	$1,0.10^{-9}$
$[Zn(CN)_4]^{2-}$	$2,3.10^{23}$	23,36	$4,2.10^{-24}$

Phụ lục 10. Chuyển đổi một số đơn vị đo

Ký hiệu	Tên gọi	Giá trị
Å	ăngstrom	$1\ Å = 1.10^{-10}m$
k	karat	$1\ k = 2.10^{-4}\ kg$
p	Pond	$1\ p = 0,980665.\ 10^{-2}\ N$
dyn	Dyn	$1\ dyn = 1.10^{-5}\ N$
bar	Bar	$1\ bar = 1.10^{5}\ Pa$
kp/m^2	kilopond/m^2	$1\ kp/m^2 = 0,980665.10^{1}Pa$
kp/cm^2	kilopond/cm^2	$1\ kp/cm^2 = 0,980665.10^{5}Pa$
atm	atmotphe vật lý	$1\ atm = 1,01325.10^{5}\ Pa$
Torr	torr 1	Torr = 101325/ 760 Pa $= 1,333224.10^{2}\ Pa$
P	Poise	$1\ P = 1.10^{-1}\ Pa\ .\ s$
R	Rontgen	$1\ R = 2,58.10^{-4}\ C/kg$
erg	Erg	$1\ erg = 1.10^{-7}\ J$
^oK	độ Kelvin	$1\ ^oK = 1\ K$
grd	Gard	1 grd = 1 K
cal	Calo	1 cal = 4,1868 J
cal/g	calo/gam	$1\ cal/g = 4,1868.10^{3}\ J/kg$
eV	electron–volt	$1\ eV = 1,60219.10^{-19}\ J$

Phụ lục 11. Hệ đơn vị Si (trích)

Hertz	Hz	$1\ Hz = 1\ s^{-1}$
Newton	N	$1\ N = 1\ m.kg.s^{-1}$
Pascal	Pa	$1\ Pa = 1\ N/m^2 = 1\ m^{-1}.kg.s^{-2}$
Newton/mét	N/m	$1\ N/m = 1\ kg.s^{-2}$
Pascal giây	Pa.s	$1\ Pa.s = 1\ m^{-1}.kg.s^{-1}$
Mét vuông/giây	m^2/s	$1\ m^2/s = 1\ Pa.s / (1\ kg/m^3)$
Joule	J	$1\ J = 1\ N.m = 1\ m^2.kg.s^{-2}$
Watt	W	$1\ W = 1\ J/s = 1\ m^2.kg.s^{-3}$
Ampere	A	1 A
Coulomb	C	$1\ C = 1\ s.A$
Volt	V	$1\ V = 1\ W/A = 1\ m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Faraday	F	$1\ F = 1\ C/V = 1\ m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
Faraday/mét	F/m	$1\ F/m = 1\ m^{-3}.kg^{-1}.s^4.A^2$
Ohm	Ω	$1\ \Omega = 1\ V/A = 1\ m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
Siemens	S	$1\ S = 1/\Omega = 1\ m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
Siemens/mét	S/m	$1\ S/m = 1\ m^{-3}.kg^{-1}.s^3.A^2$
Kelvin	K	–
Joule	J	$1\ J = 1\ m^2.kg.s^{-2}$
Joule/Kelvin	J/K	$1\ J/K = 1\ m^2.kg.s^{-2}.K^{-1}$
Joule/kg.Kelvin	J/kg.K	$1\ J/kg.K = 1\ m^2.s^{-2}.K^{-1}$
Watt/mét.Kelvin	W/m.K	$1\ W/m.K = 1\ m.kg.s^{-3}.K^{-1}$
Mol/mét khối	mol/m^3	$1\ mol/m^3 = 1\ m^{-3}.mol$
Kilogam/mol	kg/mol	$1\ kg/mol = 1\ kg.mol^{-1}$
Mét khối/mol	m^3/mol	$1\ m^3/mol = 1\ m^3.mol^{-1}$
Joule/mol	J/mol	$1\ J/mol = 1\ m^2.kg.s^{-2}.mol^{-1}$
Joule/mol.Kelvin	J/mol. K	$1\ J/mol.K = 1\ m^2.kg.s^{-2}.K^{-1}.mol^{-1}$
Mol/kilogam	mol/kg	$1\ mol/kg = 1\ kg^{-1}.mol$
Coulomb/kg	C/kg	$1\ C/kg = 1\ kg^{-1}.s.A$

Phụ lục 12. Hằng số vật lý của một số nguyên tố

Nguyên tố	*Ký hiệu*	*Trọng lượng nguyên tử*	*Tỷ trọng g/cm^3*	*Đương lượng hóa học*	*Đương lượng điện hóa, g/Ah*
Nhôm	Al^{3+}	26,98	2,69	8,99	0,335
Sắt	Fe^{2+}	55,85	7,86	27,925	1,042
Vàng	Au^{+}	197	19,3	187,21	7,358
	Au^{3+}	197	19,3	65,73	2,453
Cađimi	Cd^{2+}	112,40	8,64	56,2	2,097
Coban	Co^{2+}	58,94	8,8	29,47	1,100
Đồng	Cu^{2+}	63,54	8,93	31,77	1,186
	Cu^{+}	63,54	8,93	63,54	2,372
Asen	As^{3+}	74,91	5,78	24,97	0,932
Kền	Ni^{2+}	58,71	8,8	29,345	1,095
Thiếc	Sn^{2+}	118,70	7,28	59,35	2,214
	Sn^{4+}	118,70	7,28	29,675	1,107
Bạch kim	Pt^{4+}	195,09	21,4	48,80	1,821
Rođi	Rh^{3+}	102,91	12,3	34,30	1,280
Chì	Pb^{2+}	207,21	11,34	103,60	3,865
Bạc	Ag^{+}	107,88	10,50	107,88	4,025
Antimoin	Sb^{5+}	121,76	6,69	24,352	0,909
Crom	Cr^{6+}	52,01	7,1	8,67	0,3235
Kẽm	Zn^{2+}	65,38	7,14	32,69	1,2196

Phụ lục 13. Nồng độ tối đa cho phép của một số chất độc hại trong không khí xung quanh (mg/m^3) (TCVN 5938 – 1995)

Tên chất	*Công thức hóa học*	*Trung bình ngày đêm*	*1 tấn tối đa*
Acrylonitrit	$CH_2=CHCN$	0,2	–
Amoniac	NH_3	0,2	0.2
Anilin	$C_6H_5NH_2$	0,03	0,05
Anhydrit vanađic	V_2O_5	0,002	0,05
Asen (hợp chất vô cơ tính theo asen)	As	0,003	–
Asen hydrua (asin)	AsH_3	0,002	–
Axit axetic	CH_3COOH	0,06	–

Axit clohydric	HCl	0,06	–
Axit nitric	HNO_3	0,15	0,4
Axit sunfuric	H_2SO_4	0,1	0,3
Benzen	C_6H_6	0,1	1,5
Bụi chứa SiO_2:			
Dianas 85 – 90% SiO_2		0,05	0,15
Gạch chịu lửa 50% SiO_2		0,1	0,3
Ximăng 10% SiO_2		0,1	0,3
Đolomit 8% SiO_2		0,15	0,5
Bụi chứa amiăng		không	không
Cađimi (khối gồm oxit và kim loại)	Cd	0,001	0,003
Cacbon disunfua	CS_2	0,005	0,003
Cacbon tetraclorua	CCl_4	2	4
Cloroform	$CHCl_3$	0,02	–
Chì tetraetyl	$Pb(C_2H_5)_4$	không	không
Clo	Cl_2	0,03	0,1
Benzidin	$NH_2C_6H_4C_6H_4NH_2$	không	không
Crom kim loại và hợp chất	Cr	0,0015	0,0015
1,2–Dicloetan	$C_2H_4Cl_2$	1	3
DDT	$C_8H_{11}C_{14}$	0,5	–
Hydro florua	HF	0,005	0,02
Fomaldehyt	HCHO	0,012	0,012
Hydro sunfua	H_2S	0,008	0,008
Hydro xyanua	HCN	0,01	0,01
Mangan và hợp chất (tính theo MnO_2)	Mn/MnO_2	0,01	–
Niken (kim loại và hợp chất)	Ni	0,001	–
Naphtalin		4	–
Phenol	C_6H_5OH	0,01	0,01
Styren	C_6H_5CH	0,003	0,003
Toluen	$C_6H_5CH_3$	0,6	0,6
Tricloetylen	$ClH=CCl_2$	1	4
Thủy ngân (kim loại và hợp chất)	Hg	0,0003	–
Vinylclorua	$ClH=CH_2$	–	13
Xăng		1,5	5,0
Tetracloetylen	C_2Cl_4	0,1	–

Phụ lục 14. Giới hạn tối đa cho phép của bụi và các chất vô cơ trong khí thải công nghiệp (mg/m³) (TCVN 5939 – 1995)

Thông số	*Giá trị giới hạn*	
	A	*B*
Bụi khói:		
Nấu kim loại	400	200
Bêtông nhựa	500	200
Ximăng	400	100
Các nguồn khác	600	400
Bụi:		
Chứa silic	100	50
Chứa amiăng	không	không
Antimon	40	25
Asen	30	10
Cađimi	20	1
Chì	30	10
Đồng	150	20
Kẽm	150	30
Clo	250	20
HCl	500	200
Flo, axit HF (các nguồn)	100	10
H_2S	6	2
CO	1500	500
SO_2	1500	500
NO_x (các nguồn)	2500	1000
NO_x (các cơ sở sản xuất axit)	4000	1000
H_2SO_4 (các nguồn)	300	35
HNO_3	2000	70
Amoniac	300	100

Chú thích: – Khí thải công nghiệp phải làm sạch đến giới hạn ghi trong cột A và B mới được thải vào không khí xung quanh;

– Giá trị giới hạn ở cột A áp dụng cho các cơ sở đang hoạt động;

– Giá trị giới hạn ở cột B áp dụng cho tất cả các cơ sở kể từ ngày cơ quan quản lý môi trường quy định.

Phụ lục 15. Nồng độ tạp chất tối đa trong nước thải được phép xả vào môi trường (tiêu chuẩn 2005 của Eu và Đức)

Chỉ tiêu	*Giới hạn*
pH	7,5 – 9,5
Nhiệt độ	Tối đa 35 °C
Khối lắng cặn sau 2 h lắng kết	0,5 ml/l
Cr tổng	3 mg/l
Cr^{6+}	0,5 mg/l
Cu	2 mg/l
Ni	4 mg/l
Zn	4 mg/l
Cd	4 mg/l
Co	5 mg/l
Pb	2 mg/l
Ag	4 mg/l
Sn	10 mg/l
Al	10 mg/l
Fe	0,5 mg/l
CN (có thể xử lý bằng Cl_2)	1,500 mg/l
SO_4	20 mg/l
NO_2	20 mg/l
F	2 mg/l
Cl (không lẫn dầu khoáng, không nhũ tương)	20 mg/l
Hologinated hydrocarbon	5 mg/l

Phụ lục 16. Đơn vị và chuyển đổi đơn vị

1. Gia tốc

1 ft/s^2 = 0,3048 m/s^2

1 m/s^2 = 3,2835 ft/s^2

2. Lưu lượng

1 cfm = 4,71947.10^{-4} m^3/s = 1,699 m^3/h

1 m^3/h = 0,588578 cfm

3. Diện tích

1 m^2 = 10,7639 ft^2 = 1550 in^2

1 are = 100m^2

1 hectara = 10^4 m^2

1 ft^2 = 922 cm^2

1 inh^2 = 45,16 mm^2

4. Chiều dài

1 inh = 25,4 mm

1 ft = 304,8 mm

1 yard = 0,9144 m

1 mile = 1,609344 km = 5280 ft

1 m = 3,2808 ft

5. Thể tích

1 gal(US) = 3,7854 lít = 0,13368 ft^3

1 inh^3 = 16,387 cm^3

1 ft^3 = 0,0283168 m^3

1 m^3 = 35,3147 ft^3

1 cm^3 = 0,061024 in^3

6. Khối lượng

1 oz = 26,3495 g

1 lb = 0,45359237 kg = 16 oz

1 quintal = 100 kg

1 ton = 1016,05 kg

1 kg = 2,2046 lb

1 g = 15,432 grains

7. Khối lượng riêng

1 lb/inh^3 = 27,68 g/cm^3

1 lb/ft^3 = 16,019 kg/m^3

1 kg/m^3 = 0,06243 lb/ft^3

Khối lượng riêng của không khí khô tại 21°C là 1,2 kg/m^3

Khối lượng riêng của không khí ẩm tại 21°C và φ = 50% là 1,184 kg/m^3

8. Áp suất

1 psi = 6,89476 kPa = 6894,76 N/m^2

1 inh Hg = 3,38639 kPa

1 inh H_20 = 0,24908 kPa

1 ft H_20 = 2,98896 kPa

1 ton/inh^2 = 15,4443 Mpa

1 bar = 10^5 N/m^2= 10^{5}Pa

1 at = 0,9807 bar = 735,5 mmHg = 10 mH_20

1 kgf/cm^2 = 1 at = 98,0665 kPa = 10^4 mmAq

1 mm Hg = 1 Torr = 133,32 Pa

1 mm H_2O = 9,80665 Pa

1 mmAq = 1 kgf/m^2 = 9,807 N/m^2

9. Công suất

1 HP = 0,7457 kW

1 W = 1 J/s = 3,4118 Btu/h

1 tấn lạnh = 12000 Btu/h = 3,5169 kW

10. Nhiệt độ

$^oF = 1,8^oC + 32$

$^oC = 5/9(^oF - 32)$

$^oK = ^oC + 273$

11. Thời gian 1 ngày = 86400 s

1 tuần = 0,6048 Ms

1 năm = 31,536 Ms

12. Năng lượng

1 kWh = 3600 kj = 3412 Btu

1 kcal = 4,187 kj

1 Btu = 1,05506 kj = 0,25198 kcal

1 cal = 3,968 Btu

1therm = 105,506Mj

1 ft.lbf = 1,35583 j

1 kj = 1 kW.s

1 Btu/lb = 2,326 kj/kg

1 kcal/kg = 4,187 kj/kg

13. Lực

1 lbf = 4,44822 N

1 tonf = 9,964 kN

1 kip = 4,44822 kN

1 kgf = 1 kP = 9,80665 N

14. Số cánh trên một đơn vị chiều dài ống

8 FPI = 315 cánh/m

13 FPI = 512 cánh/m

14 FPI = 551 cánh/m

19 FPI = 748 cánh/m

(dùng cho các thiết bị trao đổi nhiệt loại ống – cánh)

15. Hệ số truyền nhiệt. Hệ số tỏa nhiệt

1 Btu/h.ft^2 ^oF = 5,67826 W /m^2.^oK

1 kcal/h.m^2.^oC = 1,103 W/ m^2.^oK

16. Độ chứa hơi

1 grain/lb = 0,1428 g/kg

1 g/kg = 7 grain/lb

17. Nhiệt dung riêng

1 Btu/lb.^oF = 4,1868 kj/kg. ^oK

18. Tốc độ

1 fps = 0,3048 m/s

1 fpm = 0,00508 m/s

1 m/s = 196,85 fpm

Phụ lục 17. Bảng chuyển đơn vị đo lường

Đơn vị	*Tên gọi*	*Giá trị chuyển đổi*
A.h	Ampe.giờ	1 Ah = 3600 cu long
A/dm^2	Ampe/decimet vuông	1 A/dm^2 = 9,29 A/fut vuông = 0,0645 A/inh vuông
A/fut^2	Ampe/fut (foot) vuông	1 A/fut vuông = 0,108 A/dm^2 = 0,007 A/inh vuông
A/inh^2	A/inh(inch) vuông	1 A/inh^2 = 15,5 A/dm^2 = 144 A/fut^2
Å	Ăngstrom	1 Å = 1.10^{-4} micron
cm	Centimet	1 cm = 0,0328 fut = 0,394 inh = 393,7 mils
cm^3	Centimet khối	1 cm^3 = 3,53.10^{-5} fut^3 = 0,061 inh^3 = 2,64.10^{-4} galong (Mỹ) = 0,0338 aunces lỏng = 0,001 lit
Fut	Foot/feet (fut/fit)	1 fut = 30,48 cm = 12 inh = 0,3048 met
Fit^2	fit vuông	1 fit^2 = 929,03 cm^2 = 9,2903 dm^2 = 144 inh^2
Fit^3	pit (fut) khối	1 fit^3 = 28317 cm^3 = 1728 inh^3 = 7,48 galong (Mỹ) = 28316 lit
F	Fareday	1 F = 9,65.10^{-4} cu long
F/s	Faraday/giây	1 F/s = 96500 A (ampe)
Galong	Galong (Mỹ)	1galong = 4 quart (lỏng) = 3785,4 cm^3 = 231 inh^3

		= 3,785 lít = 128 ounce (lỏng) = 8 panh (pints) = 8,337 pao (pounds) nước (ở17°C) = 0,833 galong Anh
Galong	Galong (Anh)	= 4546 lít
Grain	Grains	1 grain = 0,0648 gam = 0,0023 ounce (Anh, Mỹ)
g	Gam (grams)	1 g = 15,43 grains = 1000 miligam = 0,03527 ounce (Anh, Mỹ)
g/l	gam/lit	1 g/l = 0,1335 ounce/galong (Anh, Mỹ) = 0,122 ounce/galong (kim loại quý)
Inh	inh (inches)	1 inh = 2,45 cm = 25400 micron = 1000 mils
Inh^3	inh (inches) khối	1 inh^3 = 16,39 cm^3 = 0,00434 galong (Mỹ) = 0,01639 lớt
Kg	kilogam	1 kg = 2,205 pao (Anh, Mỹ) = 2679 pao (kim loại quý)
Lít	lít	1 lít = 33,814 ounce (lỏng) = 0,22 galong (Anh) = 0,264 galong (Mỹ)
m	met	1 m = 39,37 inh = 3,281 fut
μ	micron	1 μ = $3,9.10^{-5}$ inh
mm	milimet	1 mm = 0,03937 inh
mils	mils	1 mils = 0,001 inh = 25,4 micron
Ounce	ao xơ (Anh, Mỹ)	1 ounce = 437,5 grain = 28,35 gam = 0,911 ouce (kim loại quý) = 0,076 pao (kim loại quý)

Ounce/galong (Anh, Mỹ)		1 ounce/galong = 7,49 g/l
Ounce/galong (LH Anh)		1 ounce/galong = 6,236 g/l
Ounce/galong (kim loại quý)		1 ounce/galong = 8,2 g/l
Ounce/galong (lỏng)		1 ounce/galong = 7,81 cm^3/l
Ounce	ao xơ (đo kim loại quý)	1 ounce = 480 grain = 31,1 gam = 1,097 ounce (Anh, Mỹ)
Ounce	ao xơ (lỏng)	1 ounce = 29,574 cm^3
Panh	pints (lỏng)	1 panh = 16 ounce (lỏng)
Pao	pounds (Anh, Mỹ)	1 pao = 453,59 gam = 16 ounce (Anh, Mỹ) = 14,58 ounce (kim loại quý) = 1,215 pao (kim loại quý)
Pao	pounds (kim loại quý)	1 pao = 373,24 gam = 12 ounce (kim loại quý) = 0,823 pao (Anh, Mỹ)
Pao/100 galong		1 pao/100 galong = 1,2 g/l
Pao/inh^2		1 pao/inh^2 = 6,8949 kilopascal
Quarts lỏng		1 quart lỏng = 946,4 cm^3 = 2 panh

Phụ lục 18. Dòng điện tối đa cho phép tải qua các vật liệu

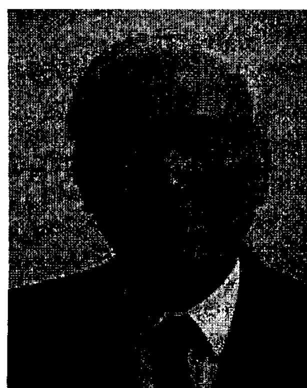
Đồng	2,5 A/mm^2
Nhôm	1,8 A/mm^2
Đồng thau	0,9 A/mm^2
Thép	0,5 A/mm^2
Kền	0,4 A/mm^2

Phụ lục 19. Hệ số giãn nở dài của một số kim loại

Kim loại :	Cr	thép	Ni	Cu – Zn	Cu	Ag	Al	Zn	Sn
Hệ số giãn nở dài × 10^{-6} :	7	11	13	18	18	19	24	27	29

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Minh Hoàng. Mạ điện. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2001.
2. Trần Minh Hoàng. Công nghệ Mạ điện. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội, 2001.
3. Trần Minh Hoàng. Phương pháp thiết kế xưởng Mạ điện. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2001.
4. Trần Minh Hoàng chủ biên. Thí nghiệm chuyên ngành Điện hóa. Đại học Bách Khoa Hà Nội xuất bản, 2002.
5. Trần Minh Hoàng, Nguyễn Văn Thanh, Lê Đức Tri. Sổ tay Mạ điện. Đại học Bách Khoa Hà Nội xuất bản, 1976.
6. Đặng Kim Chi. Hóa học Môi trường. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 1998.
7. Tài liệu của hãng INCO, Cẩm nang mạ điện, 1998.
8. M.A. Dasoian, I.Ia. Palmskaia, E.V. Sakharova. Technologia Electrokhimicheskic Pokrưtii. Masưnostroenhie, Leningrat , 1989.
9. Ia.V. Vainer, M.A. Dasoian. Technologia Electrokhimicheskic Pokrưtii. Masgiz. Moskva – Leningrat, 1962.
10. M.A. Ginberg. Ingenhemaia Galvanotechnica v Pribostrenhi. Masưnostroenhie, 1977.
11. V.I. Lainher. Sprvochnhic po Galvanotechnhike. Metallurgia. Moskva, 1967.
12. M.A. Dasoian, I.Ia. Palmskaia. Oborudovanhie Tsekhop Electro khimicheskic Pokrưtii. Masưnostroenhie, 1979.
13. L.G. Zalsman, S.M. Chemaia. Sputnhic Galvanhika. Technhika, Kiev, 1979.
14. N.T. Kudriavsev, P.M. Viacheslavov. Praktikum po Prikladnoi Electrokhimii. Khimia, Leningrat, 1973.
15. Bartfai Bela. Spravochnhic Galvanostega. Gosgortekhizdat, Moskva. 1960.
16. P.M. Viacheslavov. Electroliticheskoe Osazdanhie Splavov. Masưnostroenhie, Leningrat,1986.
17. V.A. Ilin. Zinkovanhie, Cadmirovanhie, Luzenhie i Svinse–vanhie. Masưnostroenhie, Leningrat,1977.
18. M.B. Cherkez. Khromirovanhie. Masưnostroenhie, Leningrat, 1971.
19. A.M. Iampolskii. Mednhenhie i Nikelirovanhie. Masưnostroe nhie, Leningrat,1977.
20. R. Brugger. Le Nickelage Electrolytique. Edition BPI, Paris, 1971.
21. Bernhard Gaida. L' Electroplastie en Questions et Reponses. International Brighteners Laboratory, 1975.
22. F.A. Lowenhem Modern Electroplating. The ElectrochemicalSociety, 3nd Edition, 1980.
23. J.K. Dennis, T.E. Such. Nickel and Chromium Plating. Butterworths, 1986.
24 D.R.Gabe. Principles of Metal Surface Treatment and Protection. Pergamon Press. Oxford. New York . Toronto . Sydney . Paris . Frankfurt, 1978.
25. Trouble – Shooting for Nickel, Chrome, Brass. Document of. Enthone OMI, Singapor, 2000.
26. K. Rascher, J. Voigt, I. Wilke, K.Th. Wilke. Chemische Tabellen und Rechentafeln fur die analytische Praxis. VEB Leipzig, 1982.
27. G.A. Lausmann, H. Horsthemke. Chromium Plating. Stutgart, 2006.
28. E. Svenson. Durachrome Hard Chromium Plating. Plating. Resource, Inc, Cocoa. Florida. 2006.


PGS. TS. Trần Minh Hoàng

SÁCH ĐÃ XUẤT BẢN

của tác giả

Trần Minh Hoàng

Mạ điện

NXB Khoa học và Kỹ thuật, tái bản, 2001.

Công nghệ Mạ điện

NXB Khoa học và Kỹ thuật, tái bản, 2001.

Phương pháp thiết kế xưởng Mạ điện

NXB Khoa học và Kỹ thuật, tái bản, 2001.

Thí nghiệm chuyên ngành Điện hóa (*chủ biên*).

Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2001 (*xuất bản nội bộ*).

Sổ tay Mạ điện (*đồng tác giả*).

NXB Khoa học và Kỹ thuật, tái bản lần thứ 3, 2003.

NXB Bách Khoa – Hà Nội, chỉnh lý và tái bản lần thứ 4, 2013.

Điện hóa học bề mặt

Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2003 (*xuất bản nội bộ*).

Kiểm tra Đo đạc trong Mạ điện

NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2004.

Bài tập Công nghệ Điện hóa (*đồng tác giả*)

NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2007.

Phân tích dung dịch Mạ điện

NXB Bách Khoa – Hà Nội, 2007.

Mạ kền – *Lý thuyết và ứng dụng*

NXB Bách Khoa – Hà Nội, 2010.

Mạ crom – *Lý thuyết và ứng dụng*

NXB Bách Khoa – Hà Nội, 2012.

Mạ kẽm – *Lý thuyết và ứng dụng*

NXB Bách Khoa – Hà Nội, 2013.

MỤC LỤC

SỔ TAY MẠ ĐIỆN

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA – HÀ NỘI
Ngõ 17 Tạ Quang Bửu – Hai Bà Trưng – Hà Nội
ĐT: 04. 38684569; Fax: 04. 38684570
www.nxbbk.hust.edu.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản:
TS. PHÙNG LAN HƯƠNG

Biên tập: ĐỖ THANH THÙY
Sửa bản in: VŨ THỊ HẰNG
TRẦN THỊ PHƯƠNG
Trình bày: NGUYỄN VĂN BÁU

In 500 cuốn khổ 16 x 24 cm tại Công ty cổ phần In Hà Nội, 93 Phùng Hưng, Hoàn Kiếm, Hà Nội.
Số đăng ký KHXB: 333 – 2013/CXB/01 – 13/BKHN; ISBN: 9786049114595, do Cục Xuất bản cấp ngày 14/3/2013.
Số QĐXB: 257/QĐ – ĐHBK – BKHN ngày 28/10/2013.
In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2013.